Lehrmittel

ULTRASCHALLECHOSKOP GS200/GS200i

Reflexions- und Transmissionsmessungen
A-Bild, B-Bild, TM-Mode, CT-Mode & B-Imaging

Benutzerhandbuch

www.gampt.de

gaMPT ULTRASONIC SOLUTIONS

Revision: Version 0.50 DE, 17. Februar 2015

Gesellschaft für Angewandte Medizinische Physik und Technik mbH
Hallesche Straße 99F
06217 Merseburg
Telefon: +49 3461/278691-0
Fax: +49 3461/278691-101
E-Mail: info@gampt.de

Besuchen Sie uns im Internet: www.gampt.de

© 2015 GAMPT mbH

Alle Rechte sind der GAMPT mbH vorbehalten. Kein Teil dieses Handbuchs darf in irgendeiner Form ohne die Genehmigung der GAMPT mbH reproduziert oder verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die GAMPT mbH haftet nicht für Schäden infolge von Fehlgebrauch sowie Reparaturen und Abänderungen, die von dritter, nicht von der GAMPT mbH autorisierter Seite vorgenommen werden.

Technische Änderungen vorbehalten. Irrtümer vorbehalten.

Druck: 10.03.2015
Version: 0.50 DE

Inhaltsverzeichnis

1 Sicherheitshinweise 4

2 Lieferumfang 4

3 Einführung 5

4 Ultraschallechoskop 6

4.1 Das Basisgerät GS200 6

4.2 Die erweiterte Geräteversion GS200i 6

4.3 Bedienelemente an der Frontseite 7

4.3.1 Empfänger-Sender-Einheit (RECEIVER/TRANSMITTER) 8

4.3.2 TGC-Einheit (Laufzeitabhängige Verstärkung) 8

4.3.3 BNC-Ausgänge (MONITOR) 11

4.4 Anschlüsse auf der Rückseite des GS200/GS200i 12

4.4.1 Sicherungswechsel 12

4.4.2 Externe Triggerung 13

4.5 Ultraschallsonden 14

4.5.1 Ein-Element-Wandler (GS200/GS200i) 14

4.5.2 Arraywandler (GS200i) 15

5 Software 17

5.1 Allgemeiner Programmaufbau 17

5.1.1 Programmoberfläche 17

5.1.2 Funktionsschalter 18

5.1.3 Diagramme 18

5.1.3.1 Diagramm-Toolbars 18

5.1.3.2 Zoomen und Verschieben von Diagramminhalten mit Maus 19

5.1.3.3 Messcursor 22

5.1.4 Print-Befehl 23

5.2 Programmstart 24

5.2.1 Initialisierung 24

5.2.2 Simulationsmodus 25

5.3 Echoskopbetrieb mit Ein-Element-Wandlern (GS200/GS200i) 26

5.3.1 Messbetrieb starten, unterbrechen und beenden 26

5.3.2 Darstellung der Messsignale im A-Scan-Diagramm 26

5.3.3 Mess- und Programmparameter 27
5.3.3.1 Register Params 28
5.3.3.2 Register USB 31
5.3.3.3 Register Draw 33
5.3.4 Informationen zu Geräteinstellungen und zum Programmstatus 36
5.3.4.1 Geräteinformationen (Front panel) 36
5.3.4.2 Informationen zum Programm- und Messbetrieb 37
5.3.5 A-mode 41
5.3.5.1 Laufzeit- und Amplitudenmessungen 42
5.3.5.2 Messgenauigkeit 44
5.3.5.3 Frequenzspektrum und Frequenzfilter 45
5.3.5.4 Cepstrum und Cepstrumfilter 47
5.3.6 B-mode 50
5.3.7 M-mode 53
5.3.8 CT-mode 55
5.3.8.1 Ultraschall-Computertomografie 55
5.3.8.2 Register CT-mode 56
5.3.8.3 Interne und externe Triggerung von CT-Scans 59
5.3.8.4 Ablauf einer CT-Messung 60

6 Zubehör 65

6.1 CT-Equipment 65

6.1.1 CT-Steuerung UCT200 65
6.1.2 CT-Scanner 66

7 Praktikumsversuche 68

8 Technische Daten 69

8.1 Echoskop 69

8.2 Ultraschallsonden 70

8.3 CT-Geräte 70

9 Literatur 71

10 Revisionen des Benutzerhandbuchs 71

11 Stichwortverzeichnis 72

Bitte lesen Sie das Handbuch vollständig vor der Benutzung des Gerätes und des Zubehörs.

1 Sicherheitshinweise

Lesen Sie vor Inbetriebnahme des Ultraschallechoskops und des Zubehörs die folgenden Hinweise zu Ihrer eigenen sowie zur Betriebssicherheit des Gerätes gründlich durch.

- *Die Öffnungsschlitze am Gerät dienen der Ventilation und müssen unbedingt freigehalten werden, um einer Überhitzung des Gerätes vorzubeugen. Es wird empfohlen, die am Gerät vorhandenen Aufstellfüße zu benutzen.*
- *Achten Sie darauf, dass die für das Gerät angegebenen Spannungswerte und Absicherungen bei der Stromversorgung eingehalten werden.*
- *Versuchen Sie niemals, Gegenstände durch die Öffnungen am Gerät einzuführen, da es zu Kurzschlüssen oder Stromschlägen kommen kann.*
- *Schließen Sie an die mit „PROBE 1“ und „PROBE 2“ bezeichneten Buchsen nur die von der Firma GAMPT mbH gelieferten Ultraschallwandler an. Vorsicht! An den Buchsen liegen im Sendebetrieb Spannungen bis zu 300 V an.*
- *Achtung, das Ultraschallechoskop ist ein Laborgerät und kein Medizinprodukt! Die Ultraschallsonden dürfen nicht an Personen bzw. Lebewesen angewendet werden.*

Beachten Sie unbedingt die speziellen Bedienungs- und Sicherheitshinweise in den einzelnen Kapiteln.

2 Lieferumfang

Gerät:	**GS200**	**GS200i**
Bestellnummer:	10400	10410
Anschlusskabel:	· Netzkabel · USB-Kabel	· Netzkabel · USB-Kabel
Messsoftware:	· GS-EchoView	· GS-EchoView
Ultraschallwandler:		· Konvexer Arraywandler

3 Einführung

Die Ultraschallechoskopie (Sonografie) gehört zu den wichtigsten Untersuchungsmethoden in der Medizin und der Werkstofftechnik. Trotz einer unüberschaubaren Anzahl von Ultraschallgeräten für die verschiedensten Anwendungen basieren alle auf dem gleichen Grundprinzip: dem Aussenden einer mechanischen Welle, deren Reflexion/Transmission und deren Aufzeichnung in einem Echogramm.

Abb. 1: Echoskop GS200i mit Equipment

Mit unseren Ultraschallechoskopen stehen hochempfindliche Messgeräte für Ultraschalluntersuchungen im Impuls-Echo-Betrieb (Reflexion oder Transmission) mit Ein-Element-Wandlern (GS200/GS200i) oder im B/M-Imaging-Betrieb mit einem Arraywandler (nur GS200i) zu Verfügung.

Die Geräte können zusammen mit einem Oszilloskop als einfache Ultraschallechoskope für A-Bild-Messungen mit Ein-Element-Ultraschallwandlern verwendet werden, wie sie z. B. in der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung (ZfP/NTD) eingesetzt werden.

Das Einsatzspektrum der Geräte wird um ein Vielfaches erweitert, wenn sie mit einem Computer verbunden und mit der Mess- und Steuersoftware GS-EchoView betrieben werden. Die Software erlaubt zum einen die direkte Steuerung der Echoskope und von Zusatzgeräte (CT-Scanner). Zum anderen ist durch das Programm eine umfangreiche Auswertung und bildgebende Verarbeitung der gemessenen Ultraschallsignale möglich. Die Software ist so gestaltet, dass der Weg vom gemessenen Ultraschallsignal zum A-Bild, B-Bild (ob mit Arraywandler oder handgeführt mit Ein-Element-Wandlern), TM-Bild oder Ultraschall-Computertomogramm anschaulich nachvollzogen werden kann.

Mit den verschiedenen Ultraschallsonden und einem umfangreichen Sortiment an Testobjekten und weiterem Zubehör können unterschiedlichste Praktikumsversuche zu den physikalischen Grundlagen des Ultraschalls, den Grundlagen bildgebender Verfahren bis hin zu industriellen und medizinischen Anwendungen aufgebaut werden.

4 Ultraschallechoskop

4.1 Das Basisgerät GS200

Die neue, seit 2014 produzierte Ultraschallechoskopreihe besteht aktuell aus zwei Gerätevarianten: das GS200 und das GS200i.

Das Basisgerät **GS200** (***G***AMPT-***S***can **200**) ist ein hochauflösendes A-Bild-Gerät und stellt die Grundausstattung der Echoskope dieser Gerätereihe dar. Das GS200 ist für den Betrieb mit Ein-Element-Ultraschallwandlern, wie sie in Kapitel **4.5.1** beschrieben sind, ausgelegt. Es besitzt zwei Sondenanschlüsse, die jeweils einzeln im reinen Impuls-Echo-Betrieb (Reflexion) mit einem angeschlossenen Ultraschallwandler oder zusammen im Durchschallungsbetrieb (Transmission) mit zwei Ultraschallwandlern gleicher Bauart genutzt werden können.

Das GS200 verfügt über eine USB-Schnittstelle für den Transfer von Mess- und Steuerungsdaten zwischen dem Gerät und einem angeschlossenen Computer. Für den Computer-Betrieb des Gerätes ist die Mess- und Steuersoftware GS-EchoView für Microsoft Windows im Lieferumfang enthalten. (Die ausführliche Beschreibung des Programms erfolgt in Kapitel **5**.)

Zusammen mit einem Oszilloskop kann das GS200 auch im Stand-alone-Betrieb eingesetzt werden.

4.2 Die erweiterte Geräteversion GS200i

Das **GS200i** entspricht dem GS200, verfügt aber über eine zusätzliche Baugruppe für bildgebende Ultraschalluntersuchungen mit einem Ultraschall-Arraywandler nach dem B-Bild-Verfahren, d. h.:

GS200i = **GS200** + **I**maging-Modul.

Zum Lieferumfang gehört ein konvexer Arraywandler (siehe Kapitel **4.5.2**). Der Anschluss für den Arraywandler befindet sich auf der Rückseite des GS200i (Kapitel **4.4**).

Die Einstellung und Durchführung von Messungen mit dem Arraywandler sind ausschließlich im Computer-Betrieb mit dem Programm GS-EchoView möglich.

Eine spätere Nachrüstung des Basisgerätes GS200 mit der zusätzlichen Baugruppe für den B-Imaging-Betrieb mit einem Arraywandler ist werkseitig möglich. Wenden Sie sich hierzu an den Verkäufer oder die GAMPT mbH.

Das GS200/GS200i und die Ultraschallwandler sind speziell aufeinander abgestimmt. Schließen Sie nur die von GAMPT für das Gerät gelieferten Ultraschallwandler an. Bei Verwendung von Wandlern anderer Hersteller wird von GAMPT keine Garantie oder Haftung übernommen.

4.3 Bedienelemente an der Frontseite

Auf der Vorderseite des GS200/GS200i befinden sich die wichtigsten Bedienelemente und Anschlüsse für den Messbetrieb mit den Ein-Element-Wandlern. Zur besseren Verdeutlichung des Geräteprinzips sind die einzelnen Komponenten des Echoskops gruppiert und optisch getrennt angeordnet.

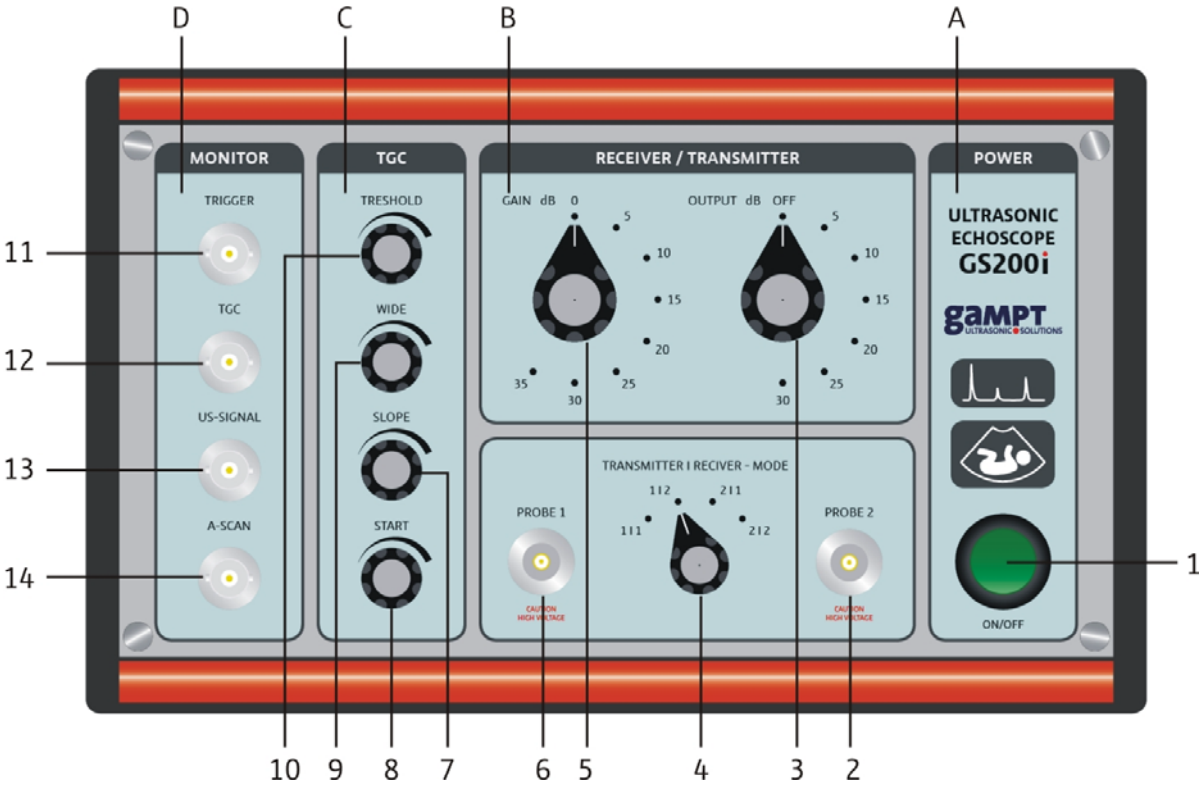


Abb. 2: Frontansicht des GS200i

A Netzteil
- (1) Ein/Aus-Schalter Gerät

B Empfänger/Sender-Einheit
- (2) Sondenanschluss 2
- (3) Drehschalter Sendepegel
- (4) Auswahlschalter Sender/Empfänger
- (5) Drehschalter Empfangsverstärkung
- (6) Sondenanschluss 1

C Laufzeitabhängige Verstärkung
- (7) Drehschalter Steilheit
- (8) Drehschalter Einsatzpunkt
- (9) Drehschalter Breite
- (10) Drehschalter Schwellenwert

D BNC-Ausgänge für Oszilloskop
- (11) Triggersignal
- (12) TGC-Signal
- (13) Ultraschall-Signal
- (14) A-Scan-Signal

Die Bedienelemente an der Frontseite des Echoskops haben keinen Einfluss auf das Erweiterungsmodul des GS200i. Im Imaging-Betrieb des GS200i erfolgen alle Einstellung (Sendepegel, Verstärkung, TGC, ...) über die Mess- und Steuersoftware GS-EchoView.

4.3.1 Empfänger-Sender-Einheit (RECEIVER/TRANSMITTER)

Für die Einstellung von Sendepegel und Empfangsverstärkung stehen an der Frontseite zwei Drehschalter zur Verfügung.

Der Sendepegel (OUTPUT) wird mittels des Drehschalters 3 (Abb. 2) eingestellt. Er kann in 5-dB-Schritten bis auf 30 dB erhöht werden, wobei der maximale Sendepegel von 30 dB einer Sendespannung von etwa 300 Volt entspricht.

Wird der Sendepegel von einem höheren auf einen niedrigeren Pegel umgeschaltet oder auf null (OFF) gesetzt, dauert es einige Sekunden bis die Sendeleistung auf den niedrigeren Wert oder auf null abgefallen ist (die Abfalldauer ist abhängig von der Größe der Änderung).

Die Einstellung der Empfangsverstärkung (GAIN) erfolgt mit dem Drehschalter 5 (Abb. 2). Sie kann über einen Bereich von 0 bis 35 dB in Stufen von je 5 dB verändert werden.

Die Auswahl der Betriebsart (Reflexion/Transmission), d. h. die Schaltung der Sondenanschlüsse 6 und 2 als Sendeausgang, Empfangseingang oder beides, erfolgt mit Hilfe des Drehschalters 4 (Abb. 2).

Empfänger-Sender-Einstellung

Schalterstellung	Sender	Empfänger	Betriebsart
1 | 1	Sonde 1	Sonde 1	Reflexion
1 | 2	Sonde 1	Sonde 2	Transmission
2 | 1	Sonde 2	Sonde 1	Transmission
2 | 2	Sonde 2	Sonde 2	Reflexion

Für Transmissionsmessungen sollten immer Ultraschallsonden gleicher Bauart und Frequenz verwendet werden.

4.3.2 TGC-Einheit (Laufzeitabhängige Verstärkung)

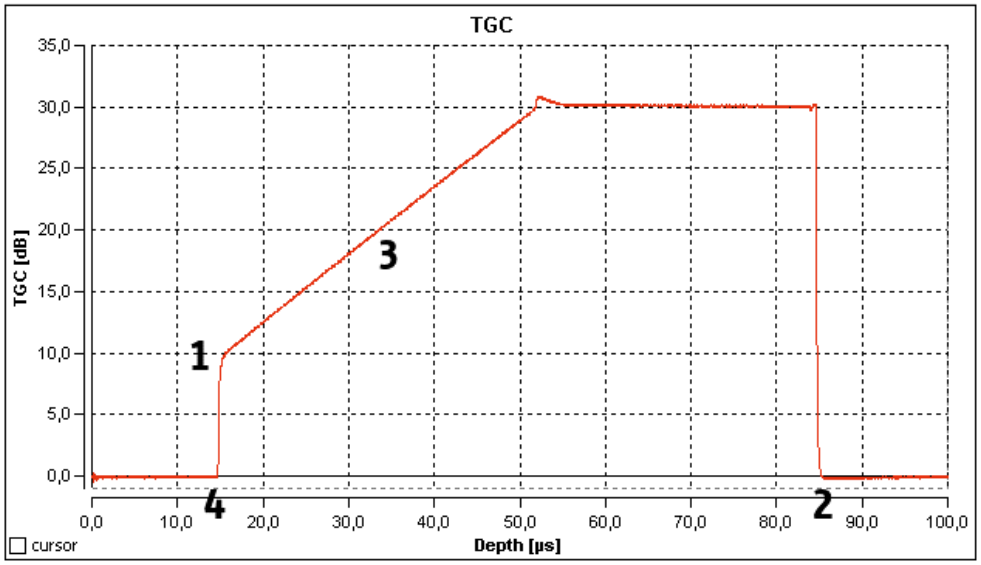
Schall erfährt bei seiner Ausbreitung durch ein Medium eine Schwächung. Diese Schallschwächung hat eine Abnahme der Intensität des Schallsignals mit zunehmender Laufzeit bzw. Tiefe zur Folge. Mittels der TGC (Time Gain Control) – einer laufzeit- bzw. tiefenabhängigen Verstärkung – kann die Schwächung der Intensität des Ultraschallsignals teilweise ausgeglichen werden. Echos tieferliegender Störungen können auf diese Weise verstärkt und sichtbar gemacht werden.

Folgende TGC-Parameter können mittels der Drehschalter 11-14 (Abb. 2) verändert werden:

- **THRESHOLD** (Drehschalter 10): Schwellenwert für den Startpunkt der TGC
- **WIDE** (Drehschalter 9): Breite, d. h. der Zeit- bzw. Tiefenbereich über den die TGC gelegt wird
- **SLOPE** (Drehschalter 7): Anstieg der Verstärkung [dB/µs bzw. dB/mm]
- **START** (Drehschalter 8): Startpunkt der TGC

Die TGC ist zwischen 0 und maximal etwa 30 dB stufenlos einstellbar. Der maximal einstellbare Zeitbereich, über den die TGC aufgespannt werden kann, beträgt etwa 150 µs. Durch Ändern des Startwertes kann die TGC-Kurve auf der Zeitachse verschoben werden.

Die Mess- und Steuersoftware GS-EchoView stellt ein spezielles Diagrammfenster bereit, das die TGC in Kurvenform darstellt (Abb. 3). Das TGC-Diagramm ist in allen Programmmodi immer parallel zum A-Scan-Diagramm verfügbar.



1 - THRESHOLD

2 - WIDE

3 - SLOPE

4 - START

Abb. 3: TGC-Diagramm in GS-EchoView.

Die beiden nachfolgenden Abbildungen verdeutlichen die Wirkungsweise der TGC.

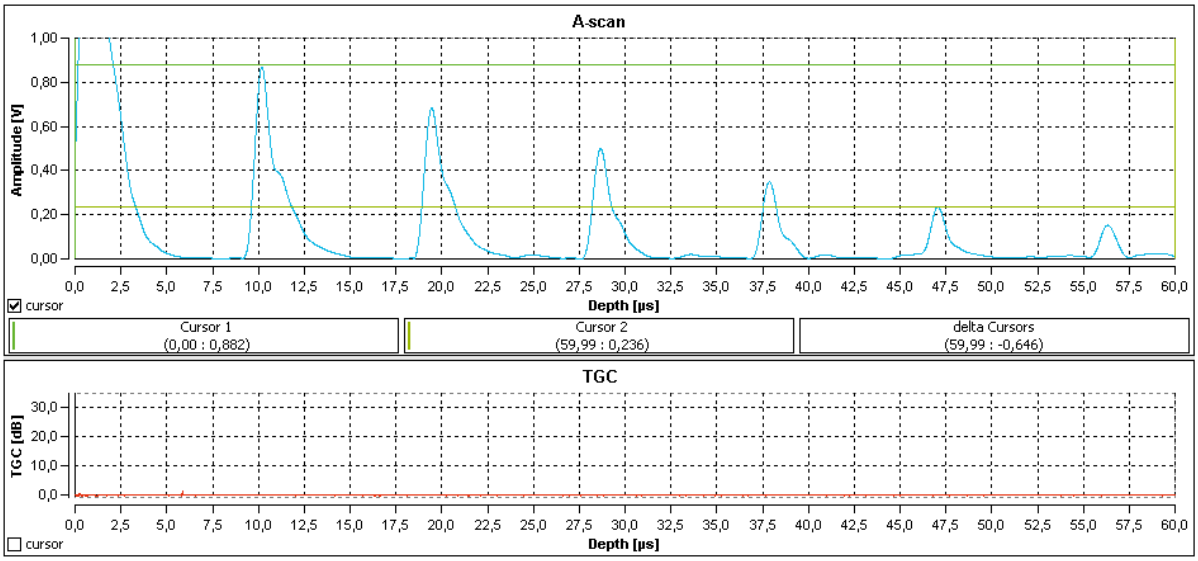


Abb. 4: Amplitudenscan ohne TGC.

Die Abb. 4 zeigt den Amplitudenscan einer Reflexionsmessung ohne TGC an einem homogenen Testkörper. Der Scan zeigt mehrere Echoimpulse in Folge wiederholter Reflexionen am Boden des Körpers (Material-Luft-Grenze). Auf Grund der Schallschwächung im Material und der nur teilweisen Reflexion an der Grenze zwischen Testkörper und Schallkopf nimmt die Amplitude der Echoimpulse mit zunehmender Laufzeit und Anzahl an Reflexionen ab.

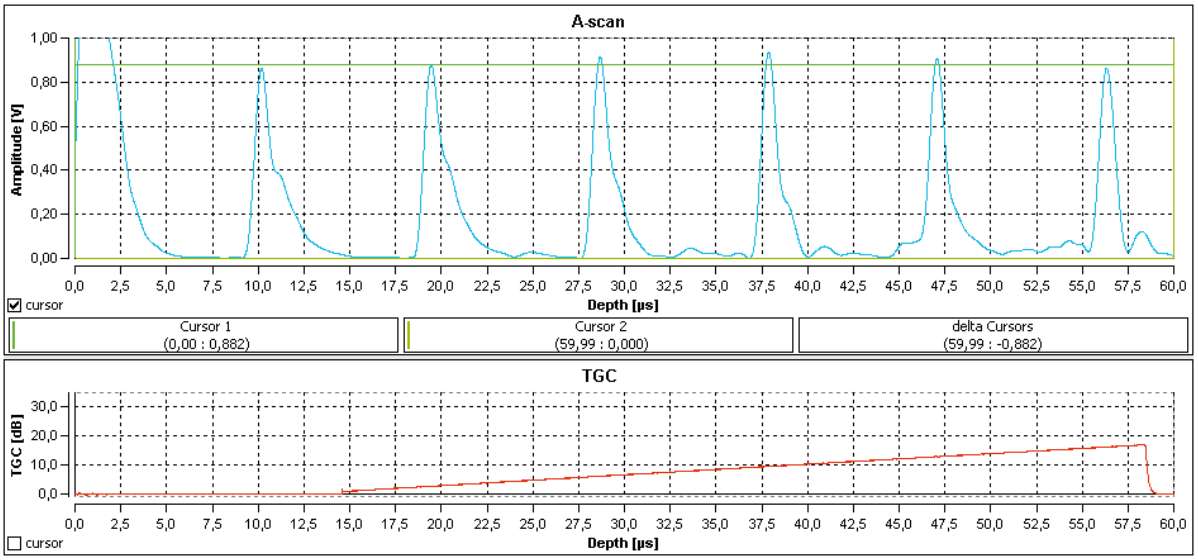


Abb. 5: Amplitudenscan mit TGC.

Die Abb. 5 zeigt einen Amplitudenscan am selben Testkörper wie in Abb. 4, der unter den gleichen Messbedingungen jedoch mit einer laufzeitabhängigen Verstärkung aufgenommen wurde.

4.3.3 BNC-Ausgänge (MONITOR)

Für den Stand-alone-Betrieb des Echoskops mit einem Oszilloskop verfügt das GS200/GS200i über vier BNC-Ausgänge. Diese befinden sich an der Frontseite des Gerätes im MONITOR-Bereich (Abb. 2)

Nach dem Einschalten des GS200/GS200i können an diesen Ausgängen die folgenden analogen Signale abgegriffen werden:

- **TRIGGER**: Triggersignal für die Pulsanregung der 1-, 2- und 4-MHz-Sonden
- **TGC**: Signal der laufzeitabhängigen Verstärkung
- **US-SIGNAL**: Ultraschallsignal (eigentliches Messsignal)
- **A-SCAN**: A-Scan- bzw. Amplitudensignal (Einhüllende des Ultraschallsignals)

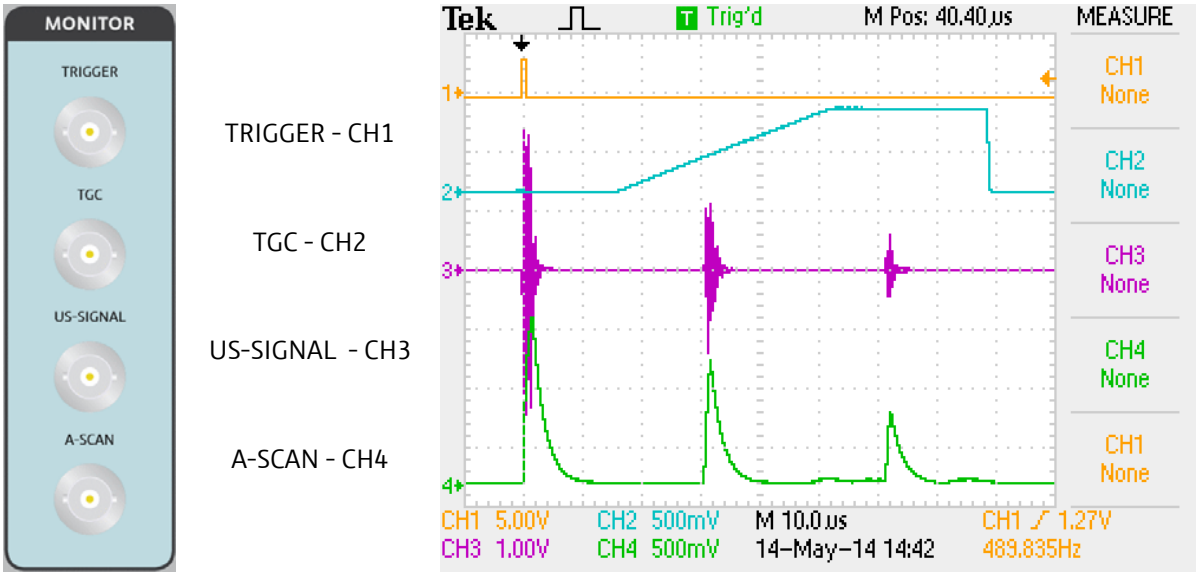


Abb. 6: BNC-Ausgänge und zugehörige Oszilloskopsignale

Im Stand-alone-Betrieb ohne externe Triggerung erfolgt die Anregung eines an der Frontseite des GS200/GS200i angeschlossenen Ultraschallwandlers mit einer festen Triggerfrequenz von 500 Hz (Pulswiederholzeit 2 ms). Diese ist durch die Firmware fest vorgegeben und kann am Gerät selbst nicht eingestellt bzw. verändert werden.

Im PC-Betrieb mit dem Programm GS-EchoView erfolgt die Einstellung dieser Triggerfrequenz über den Parameter *PRF* (siehe Seite 30).

Ferner kann die Triggerung der Pulserzeugung durch einen externen Trigger erfolgen, der an der Rückseite des Echoskops angeschlossen wird (Kapitel **4.4.2**).

4.4 Anschlüsse auf der Rückseite des GS200/GS200i

Abb. 7: Rückseite des GS200/GS200i

(1) Ein/Aus-Schalter für externe Triggerung
(2) BNC-Anschluss für externe Triggerung
(3) Steckdose für Netzanschluss
(4) Anschluss für Arraywandler (nur GS200i)
(5) USB-Anschluss

4.4.1 Sicherungswechsel

Im unteren Teil der Steckdose (3) ist ein Sicherungseinschub integriert. Dieser nimmt die Sicherung für das Gerät und eine Reservesicherung auf.

Zum Wechsel der Geräte-Sicherung ist der Sicherungseinschub aus der Steckdose herauszuziehen (Abb. 8).

Erforderlicher Sicherungstyp: T 1A (siehe Kapitel **8.1**)

Abb. 8: Steckdose mit teilweise herausgezogenem Sicherungseinschub.

Das Gerät arbeitet mit Netzspannung. Die Berührung spannungsführender Teile ist lebensgefährlich. Schalten Sie das Gerät aus und ziehen Sie das Netzkabel aus dem Stecker, bevor Sie den Sicherungseinschub herausziehen.

Ersetzen Sie die Sicherung nur durch den im Handbuch angegeben Typ. Beim Einsetzen falscher Sicherungstypen besteht Brandgefahr.

4.4.2 Externe Triggerung

Im Allgemeinen wird die Anregung der Ultraschallsonden zur Pulserzeugung entweder intern mit einer festen Frequenz von 500 Hz (Stand-alone-Betrieb) oder abhängig von einer in der Software GS-EchoView einstellbaren Pulswiederholrate (*PRF* Seite 30) getriggert.

Darüber hinaus besteht ferner die Möglichkeit einer externen Triggerung des Echoskops. Der externe Trigger wird an den BNC-Eingang 2 (Abb. 7) auf der Rückseite des Echoskops angeschlossen.

Abb. 9: Schalter und BNC-Anschluss für externen Trigger (links ausgeschaltet, rechts eingeschaltet).

Im **Stand-alone-Betrieb** erfolgt das Umschalten des Echoskops auf externe Triggerung mit Hilfe des Schalters 1 (siehe Abb. 7 und 9), der sich direkt über dem BNC-Anschluss befindet.

Im **PC-Betrieb** wird die externe Triggerung genutzt, um mechanischen Bewegungen des CT-Scanners mit Ultraschallmessungen des Echoskops zu synchronisieren (z. B. im **CT-mode** Kapitel **5.3.8**). Hier erfolgt die Umschaltung auf externe Triggerung über einen Software-Schalter.

Bei gedrücktem Trigger-Schalter erwartet das Echoskop sowohl im Stand-alone-Betrieb als auch im PC-Betrieb mit der Software GS-EchoView ein externes Triggersignal. Nutzen Sie daher den Triggerschalter nur im Stand-alone-Betrieb. Im PC-Betrieb sollte der Trigger-Schalter auf der Rückseite des Echoskops im Allgemeinen immer ausgeschaltet sein (Abb. 9 linkes Bild) und die Umschaltung auf externe Triggerung über die Software erfolgen.

4.5 Ultraschallsonden

4.5.1 Ein-Element-Wandler (GS200/GS200i)

Für das GS200/GS200i stehen Ein-Element-Wandler mit Nennfrequenzen von 1, 2 und 4 MHz zur Verfügung (Abb. 10). Diese Ultraschallsonden sind speziell auf das GS200/GS200i abgestimmt. Sie zeichnen sich durch eine hohe Schallintensität und kurze Schallimpulse aus. Damit sind sie besonders für den Impuls-Echo-Betrieb geeignet. Je nach Betriebsart der Sondenanschlüsse arbeiten die Ultraschallwandler als Sender oder Empfänger (Transmission) bzw. Sender/Empfänger (Reflexion).

Abb. 10: Ein-Element-Ultraschallwandler (blau: 1 MHz, rot: 2 MHz, grün: 4 MHz)

Die blau markierten 1-MHz-Sonden (Bestell-Nr. 10151) eignen sich auf Grund ihrer hohen Schallintensität insbesondere für Untersuchungen mit großen Eindringtiefen. Der Einsatz der 1-MHz-Sonden empfiehlt sich besonders bei Untersuchungen von stark dämpfenden Materialien und für die Erzeugung von Rayleigh- bzw. Scherwellen.

Die rot markierten 2-MHz-Sonden (Bestell-Nr. 10152) sind für ein besonders breites Einsatzgebiet geeignet. Auf Grund der höheren Frequenz ist das axiale Auflösungsvermögen deutlich größer als bei den 1-MHz-Sonden. Hingegen ist die Dämpfung für 2 MHz bei den meisten Materialien noch nicht zu groß, so dass Untersuchungsgebiete in mittlerer Tiefe noch problemlos erreicht werden können.

Die grün markierten 4-MHz-Sonden (Bestell-Nr. 10154) zeichnen sich durch ein extrem kurzes Ausschwingverhalten und damit höchstes axiales Auflösungsvermögen aus. Sie kommen insbesondere dort zum Einsatz, wo sehr kleine Strukturen aufgelöst werden müssen. Vor allem bei Untersuchungen in Flüssigkeiten ist die bei einigen Materialien begrenzte Eindringtiefe kein Problem. Das hohe Auflösungsvermögen und die damit verbundene spektrale Bandbreite empfehlen diese Ultraschallsonden beispielsweise zu Untersuchungen an dünnen Platten.

Die Ultraschallsonden sind entsprechend ihrer Frequenz mit einer Hardwarekodierung versehen, so dass sie vom Messsystem automatisch erkannt werden können.

Alle Ultraschallsonden haben ein robustes Metallgehäuse und sind an der Schallaustrittsfläche wasserdicht vergossen. Die Sonden sind mit einem robusten Spezialstecker zum Anschluss an das Echoskop versehen.

Abb. 11: Anschließen eines Ein-Element-Wandlers an das GS200/GS200i)

Beim Anschließen eines Ultraschallwandlers an das Echoskop oder beim Abziehen vom Echoskop ist der Anschlussstecker des Wandlers wie in Abb. 11 gezeigt zu halten. Eine Zugbelastung auf das Anschlusskabel ist zu vermeiden, um das Ablösen des Kabels vom Stecker zu verhindern.

4.5.2 Arraywandler (GS200i)

Zum Lieferumfang des GS200i gehört ein Ultraschall-Arraywandler, wie er z. B. in der Medizin für Untersuchungen des Bauchraums zum Einsatz kommt.

Der Ultraschallwandler verfügt über ein Array aus 64 konvex angeordneten Einzelelementen. Zur Ansteuerung des Arraywandlers sowie für die Signalerfassung und Signalverarbeitung ist ein separates Erweiterungsmodul in das Ultraschallechoskop GS200i integriert. Der Anschluss für den Arraywandler befindet sich auf der Rückseite des GS200i (siehe Abb. 7 und 13).

Abb. 12: Konvexer Ultraschall-Arraywandler.

Abb. 13: Anschluss des Arraywandlers auf der Rückseite des GS200i.

Zum Anschließen oder Abklemmen des Ultraschall-Arraywandlers ist das Echoskop außer Betrieb zu nehmen.

5 Software

Zum Lieferumfang des GS200/GS200i gehört die Steuer- und Messsoftware **GS-EchoView**. Die aktuelle Programmversion steht außerdem im Internet unter www.gampt.de zum Download bereit.

Das Programm dient zum einen der Ansteuerung des Echoskops sowie der CT-Steuerung (Bestell-Nr. 60210) für den CT-Scanner (Bestell-Nr. 60200). Zum anderen dient es der Erfassung, Auswertung und Anzeige der vom Echoskop abgerufenen Messdaten.

5.1 Allgemeiner Programmaufbau

5.1.1 Programmoberfläche

Die Programmoberfläche der Echoskopsoftware gliedert sich im Allgemeinen in maximal vier Bereiche, deren Inhalte entsprechend der ausgewählten Programmmodi variieren können.

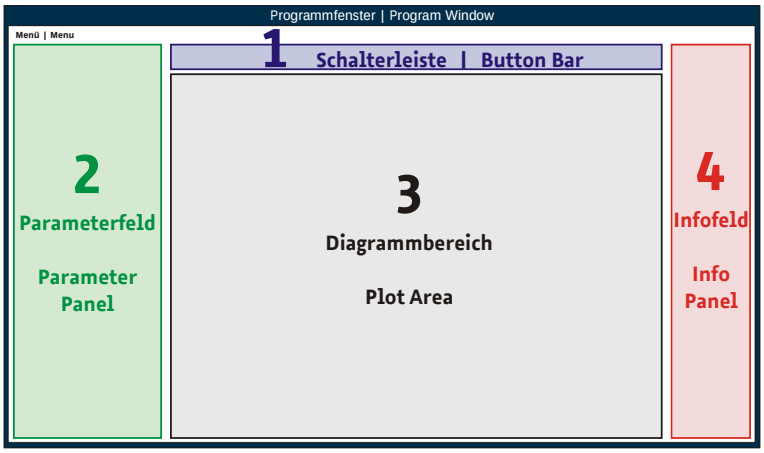


Abb. 14: Schematischer Programmaufbau

1 - Schalterleiste. Hier sind zunächst die Auswahlschalter zum Aufrufen der Programmmodi (*A-mode*, *B-mode*, *M-mode*, *CT-mode und Imaging*) untergebracht. Abhängig vom aufgerufenen Programmmodus können weitere Funktionsschalter hinzukommen. Im Imaging-Modus (GS200i) ist die Schalterleiste nicht vorhanden.

2 - Parameterfeld. In diesem auf- und zuklappbaren Feld sind alle relevanten einstellbaren Programm- und Messparameter geordnet zusammengefasst. Die Belegung der über Register aufrufbaren Parametergruppen variiert dabei je nach Programmmode. Einzelne Parametergruppen können der Übersichtlichkeit halber auf- und zugeklappt werden.

3 - Diagrammbereich. Je nach Programmmodus sind im zentralen Bereich der Programmoberfläche ein bis neun Diagramme zur Auswertung und Visualisierung der vom Echoskop gelieferten Messda-

ten darstellbar. Außer im *Imaging*-Modus kann jedes Diagramm separat über Werkzeugleisten konfiguriert und bedient werden (siehe Kapitel **5.1.3.1 Diagramm-Toolbars**).

4 - Infofeld. Dieses Feld stellt Information zu Einstellungen an der Frontseite des Echoskop (Betriebsmodus, Sendeleistung, Verstärkung, angeschlossene Sonden) sowie Informationen zum Programm- und Gerätestatus bereit.

5.1.2 Funktionsschalter

Programmfunktionen und -aktionen wie das Starten des Messbetriebs, das Umschalten in einen anderen Programmmodus, die Aktualisierung der Angaben im Infofeld usw. werden mit Hilfe von Schaltern aufgerufen.

Je nach Funktion können die Schalter ein unterschiedliches Verhalten und Layout zeigen. Mögliche Schalterzustände werden im Folgenden beschrieben.

Zustand	Layout	Beschreibung
1	Freeze	Schalter ist deaktiviert, Funktion/Aktion kann nicht ausgeführt werden
2	Freeze	Schalter ist aktiviert, Funktion/Aktion kann aufgerufen werden [1)]
3	Freeze	Schalter ist aktiviert, Funktion/Aktion wird ausgeführt [1)]

Einige Funktionen setzen nach ihrer Ausführung den Schalter automatisch zurück in den Zustand 2. Andere Funktionen bzw. Aktionen müssen direkt durch erneutes Anklicken beendet werden.

[1)] *In bestimmten Situationen kann auf Schalter nicht zugegriffen werden, obwohl sie sich im Zustand 2 oder 3 befinden. So kann z. B. im B-, M- oder CT-mode während eines B-scans, M-scans oder einer CT-Messung nicht auf die Schalter* **Start A-scan** *und* **Freeze** *oder die Schalter zum Wechsel des Programm-Modus zugegriffen werden.*

5.1.3 Diagramme

Die folgenden Beschreibungen beziehen sich auf Diagramme im A-, B-, M- und CT-mode des Programms GS-EchoView.

5.1.3.1 Diagramm-Toolbars

Die Konfiguration und Bedienung der Diagramme erfolgt über Toolbars.

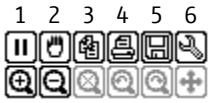
Beim Bewegen des Mauszeigers über ein Diagramm, wird in dessen oberen rechten Bereich die Haupt-Toolbar eingeblendet. Diese umfasst zwei Symbolgruppen. Die obere Gruppe enthält Funkti-

onen zum Kopieren, Ausdrucken und Speichern oder zum Einstellen der grafischen Darstellung der Messdaten selbst (Linienart, Farbe, Punkte usw.). Die untere Gruppe stellt Zoom-Funktionen bereit.

Wird der Mauszeiger über die x- oder y-Achse bewegt, öffnen sich deren Toolbars. Die Achsen-Toolbars enthalten nur Zoomfunktionen die jeweilige Achse betreffend.

Übersicht Diagramm-Tools

Haupt-Toolbar:



Toolbar der x-Achse:

Toolbar der y-Achse:

1 **Hold/Resume** - Anhalten bzw. Fortsetzen der Diagrammaktualisierung.

2 Umschaltung zwischen den folgenden **Maus-Modi**:
- **Mouse Shift**: Verschieben eines Fensterinhaltes eines gezoomten Diagramms im Diagrammfenster
- **Mouse Zoom**: Aufziehen eines Zoomfensters im Diagramm

3 **Copy** - Diagramm in den Windows-Zwischenspeicher kopieren

4 **Print** - Diagramm ausdrucken

5 **Save** - Diagramm als BMP oder JPEG speichern

6 **Setup** - Aufrufen der Diagrammeinstellungen

7 **Zoom In** - in das Diagramm hineinzoomen

8 **Zoom Out** - aus dem Diagramm herauszoomen

9 **Zoom Auto** –automatischer Autozoom oder Zurücksetzen der Diagrammskalierungen auf Standardwerte (abhängig vom Diagramminhalt)

10 **Backward Zoom History** – ein Zoomschritt zurück

11 **Forward Zoom History** – ein Zoomschritt vorwärts

12 Einstellung der Art des Zoomfensters, das mit der Maus aufgezogen werden kann:
- Aufziehen eines beliebigen Zoomfensters
- Aufziehen eines Zoomfensters über der x-Achse (Skalierung der y-Achse wird nicht geändert)
- Aufziehen eines Zoomfensters über der x-Achse (Skalierung der x-Achse wird nicht geändert)

5.1.3.2 Zoomen und Verschieben von Diagramminhalten mit Maus

Mit Hilfe der Maus kann der Inhalt eines Diagramms gezoomt (*Mouse Zoom*) und gezoomter Inhalt im Diagrammfenster verschoben werden (*Mouse Shift*). Die Auswahl der Mausbelegung erfolgt über Tool 2 in der Haupt-Toolbar (siehe Übersicht oben). Im Modus *Mouse Zoom* zeigt das Toolsymbol eine Hand und im Modus *Mouse Shift* zeigt es eine Lupe.

Mouse Zoom

Zum Zoomen wird mit der linken Maustaste in das Diagrammfenster geklickt und bei gedrückt gehaltener Maustaste ein Zoomfenster aufgezogen. Die Art des Zoomfensters (beliebig, parallel zur x-Achse oder parallel zur y-Achse) wird mittels Tool 12 in der jeweiligen Toolbar festgelegt (siehe Übersicht Seite **19**).

in der Haupt-Toolbar anklicken.

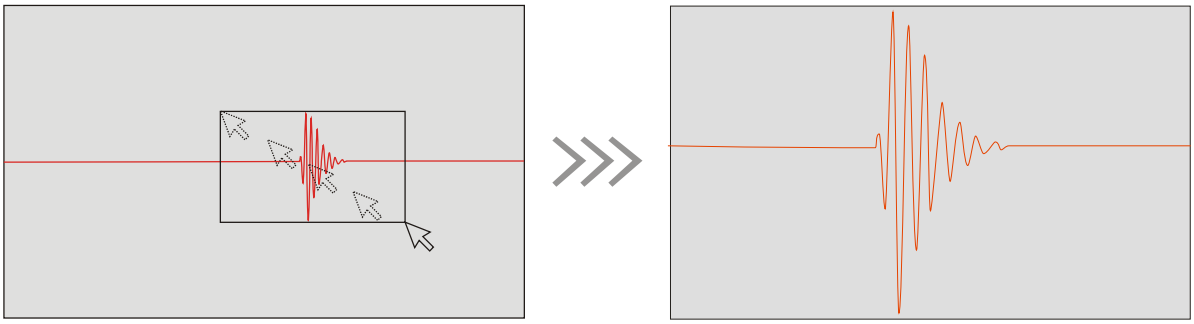


Abb. 15: Aufspannen eines beliebigen Zoomfensters mit der Maus

in der Toolbar der x-Achse anklicken.

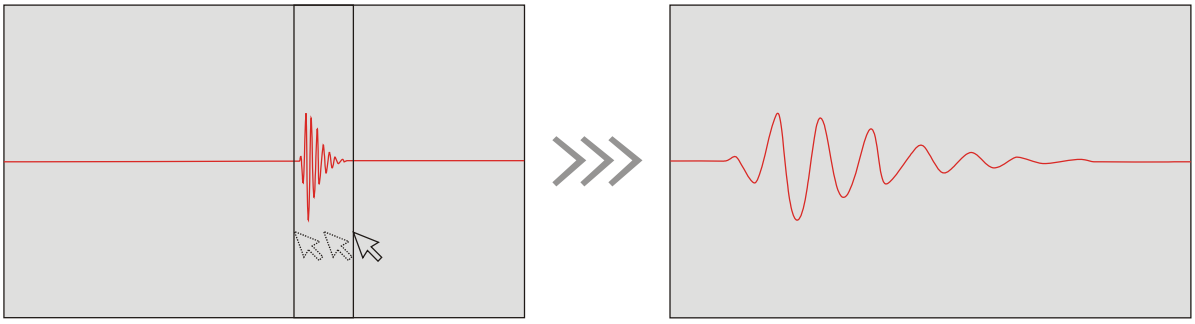


Abb. 16: Aufspannen eines Zoomfensters über der x-Achse

in der Toolbar der y-Achse anklicken.

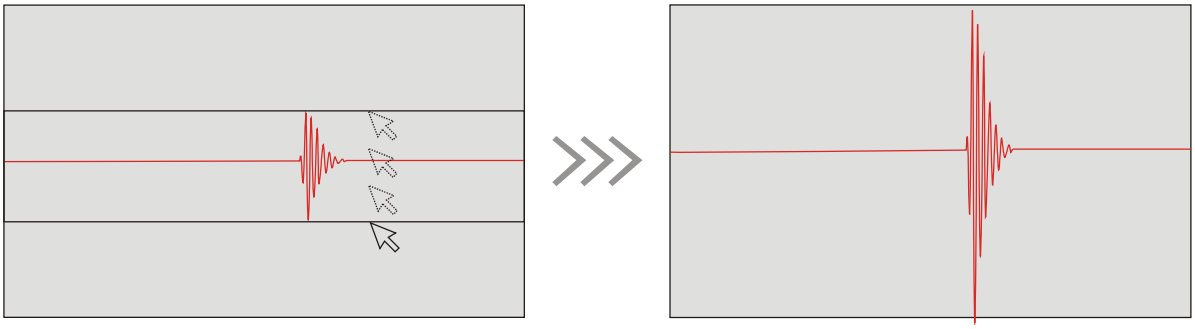


Abb. 17: Aufspannen eines Zoomfensters über der y-Achse

Mouse Shift

Gezoomter Diagramminhalt kann frei im Diagrammfenster verschoben werden. Dazu wird mit der linken Maustaste in das Diagramm geklickt und der Mauszeiger bei gedrückt gehaltener Maustaste in die gewünschte Richtung bewegt.

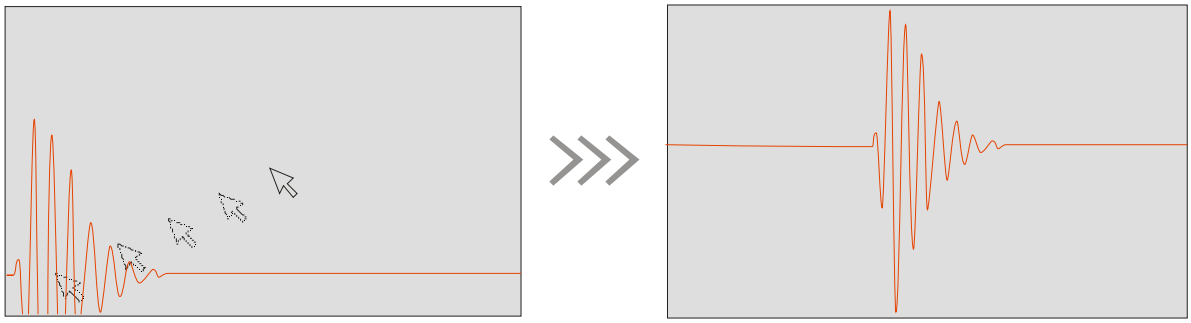


Abb. 18: Freies Verschieben eines gezoomten Diagramminhalts

Achsenparalleles Verschieben

Gezoomter Diagramminhalt kann außerdem unabhängig vom eingestellten Maus-Modus im Diagrammfenster parallel zu den Achsen verschoben werden. Dazu wird mit der linken Maustaste auf die x- oder y-Achse geklickt und der Mauszeiger bei gedrückt gehaltener Maustaste in die gewünschte Richtung gezogen.

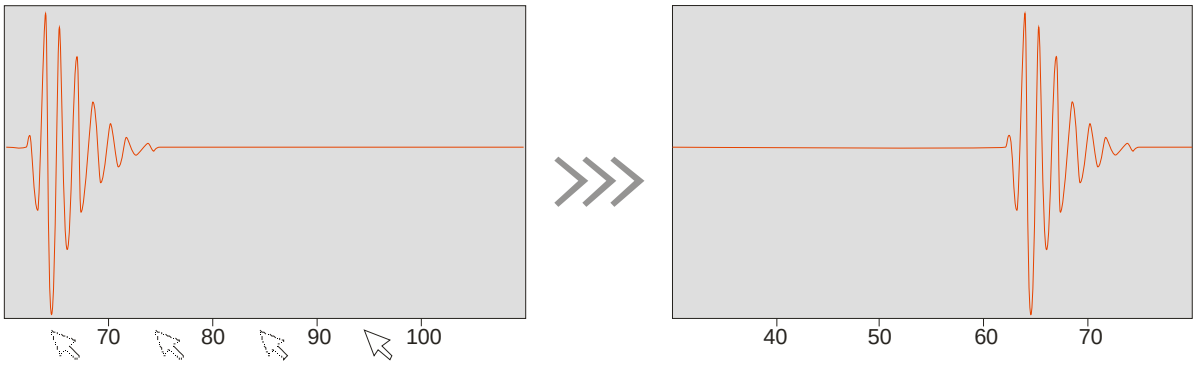


Abb. 19: Verschieben parallel zur x-Achse

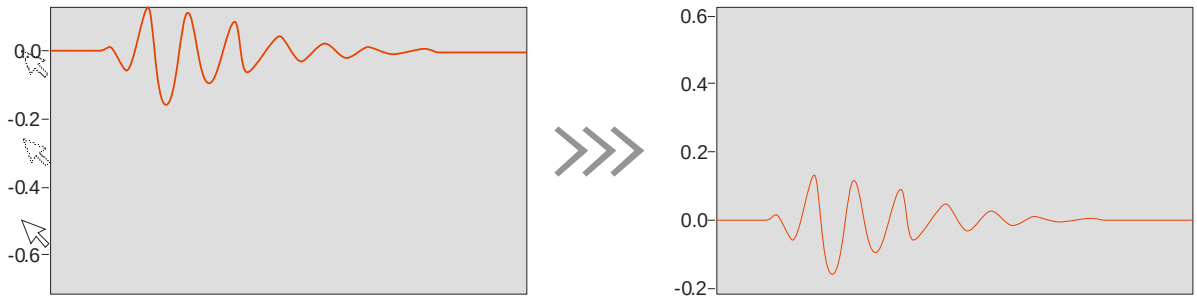


Abb. 20: Verschieben parallel zur y-Achse

5.1.3.3 Messcursor

Im Allgemeinen sind in jedem Diagramm jeweils zwei Messcursor (*Cursor 1* und *Cursor 2*) voreingestellt. Mit ihrer Hilfe können in den Diagrammen z. B. Laufzeiten/Tiefen oder Amplituden absolut und relativ bestimmt werden. Die Anzeige der Messcursor kann über eine Checkbox in der linken unteren Diagrammecke an- und abgeschaltet werden.

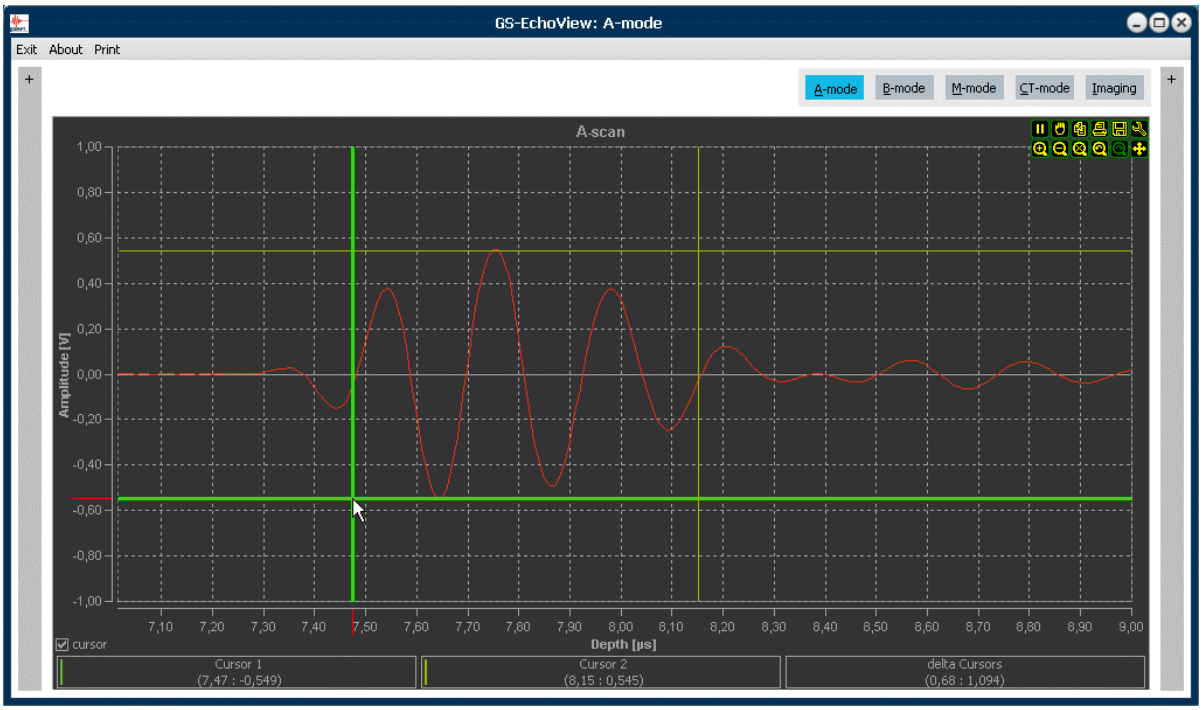


Abb. 21: Selektierter Kreuzcursor im A-Scan-Diagramm.

Die Messcursor sind als Kreuzcursor ausgeführt, die aus jeweils zwei Messlinien - eine parallel zur x-Achse und eine parallel zur y-Achse - bestehen. Für jeden der beiden Messcursor werden die zugehörigen x-y-Koordinaten ihrer Position (Schnittpunkte der Messlinien mit den Diagrammachsen) unterhalb des Diagramms angezeigt (*Cursor 1* und Cursor 2). Außerdem werden die Differenzwerte zwischen den x- bzw. y-Koordinaten der beiden Messcursor angezeigt (*delta Cursors*).

Über die Setup-Funktion in der Haupt-Toolbar können weitere Cursor definiert werden. Wobei jedoch nur für die voreingestellten Messcursor 1 und 2 die zugehörigen Koordinaten und Differenzwerte unter dem Diagramm angezeigt werden.

Positionieren der Messcursor

Ein Doppelklick mit der linken Maustaste positioniert den Messcursor 1 an der Position des Mauszeigers im Diagramm und ein Doppelklick mit der rechten Maustaste analog den Messcursor 2. Außerdem können die Messlinien eines Cursors einzeln oder zusammen mit Hilfe der Maus im Diagramm selektiert und verschoben werden (Abb. 21). Dazu wird der Mauszeiger über der jeweiligen Messlinie

positioniert, die optisch hervorgehoben wird. Die selektierte Messlinie kann nun bei gedrückt gehaltener linker Maustaste im Diagramm verschoben werden.

5.1.4 Print-Befehl

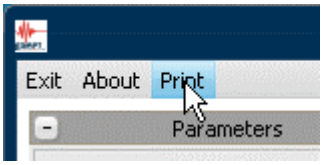


Abb. 22: Print-Befehl

Der Befehl **Print** im Programmmenü eignet sich zum schnellen Festhalten des Programmstatus (Messkurven, Parametereinstellungen, Statusinformationen). Der Befehl erzeugt einen Screenshot der Programmoberfläche und zeigt diesen in einem Vorschaufenster an. Von hier aus kann der Screenshot direkt gedruckt oder als Pixelgrafik (jpg, bmp) gespeichert werden.

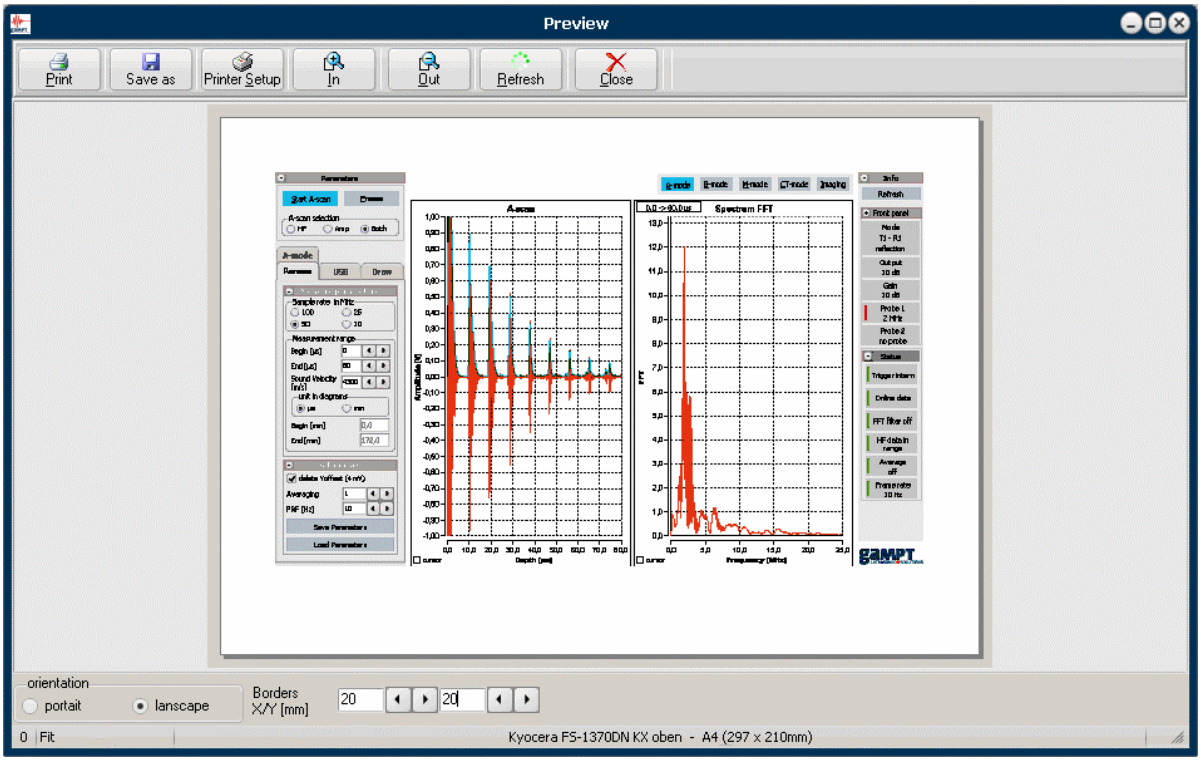


Abb. 23: Vorschaufenster der Print-Funktion

Analog kann die Druckfunktion in der Haupt-Toolbar der Diagramme verwendet werden, um einen Screenshot eines einzelnen Diagramms zu erzeugen (Kapitel **5.1.3.1 Diagramm-Toolbars**).

5.2 Programmstart

5.2.1 Initialisierung

Während des Programmstarts durchläuft das Programm GS-EchoView eine Initialisierungsphase.

Dabei wird zunächst der Verbindungsstatus zum Echoskop GS200/GS200i geprüft. Anschließend werden Messparameter und Programmeinstellungen geladen, die beim vorherigen Beenden des Programms gespeichert worden. Zuletzt wird der Geräte- und Programmstatus ermittelt und im Infofeld angezeigt.

Nach Abschluss der Initialisierung befindet sich das Programm im Stand-by-Betrieb.

Abb. 24: GS-EchoView nach dem Programmstart

Das Programm startet immer im **A-mode**. *Ausgehend von diesem werden alle weiteren Aktionen oder Auswertungen ausgewählt und gestartet.*

Im Stand-by-Betrieb des Programms erfolgt keine Aktualisierung des Infofeldes (z. B. bei einem Sondenwechsel, der Änderung des Sendepegels oder der Verstärkung usw.), da kein Datentransfer zwischen Programm und Echoskop stattfindet. Mit Hilfe des **Refresh***-Schalters kann jedoch eine Aktualisierung des Infofeldes erzwungen werden, ohne das Programm in den Messbetrieb versetzen zu müssen.*

5.2.2 Simulationsmodus

Die Software verfügt über einen Simulationsmodus, der aktiviert wird, wenn kein Echoskop angeschlossen ist oder das angeschlossene Gerät offline ist (Störung der USB-Verbindung, ausgeschaltetes Gerät usw.). In diesem Fall erscheint beim Programmstart eine Warnmeldung (Abb. 25).

Abb. 25: Warnmeldung bei einem Verbindungsfehler oder -abbruch.

Nun bestehen folgende Möglichkeiten:

A) Der Anschluss des Echoskops (USB- und Netzkabel, Gerät eingeschaltet) wird überprüft und anschließend der Verbindungaufbau erneut versucht.

B) Das Programm wird direkt im Simulationsmodus gestartet.

Ist das Echoskop korrekt angeschlossen und eingeschaltet, der Verbindungsaufbau aber weiterhin nicht erfolgreich, sind die USB-Einstellungen des Programms zu überprüfen. Dazu ist das Programm im Simulationsmodus zu starten und das Register **USB** im Parameterfeld aufzurufen (siehe Kapitel **5.3.3.2** ab Seite **31**).

Das oben beschriebene Programmverhalten tritt auch dann auf, wenn die Verbindung vom Echoskop zum Computer (Programm) während des Programmbetriebs verloren geht.

Simulationsdaten

Zum Softwareumfang gehören Simulationsdaten, mit denen die Ultraschallmessungen simuliert werden. Abhängig vom Programm-Modus können einige der Anzeige- und Auswertefunktion direkt auf die Simulationsdaten angewendet werden.

*Durch die Ausführung simulierter Messungen mit den Simulationsdaten werden gespeicherte Messparameter einer vorangegangen Online-Messung überschrieben. Nutzen Sie die Speicher- und Lade-Funktion für Parameter unter **Additionals** im Register **Params**.*

5.3 Echoskopbetrieb mit Ein-Element-Wandlern (GS200/GS200i)

5.3.1 Messbetrieb starten, unterbrechen und beenden

Nach einem Programmstart befindet sich das Programm im Stand-by-Betrieb. Es erfolgt kein Datentransfer vom und zum Echoskop. Erst durch Anklicken des Schalters **Start A-scan** wechselt das Programm in den Messbetrieb.

Im Messbetrieb führt das Echoskop ununterbrochen Ultraschallscans durch. Die analogen Messsignale werden im Echoskop digitalisiert und für den Datentransfer über die USB-Schnittstelle zum Computer bereitgestellt. Die digitalisierten Messdaten werden vom Programm laufend abgerufen, verarbeitet und in Kurvenform bzw. als Ultraschallbild in den Diagrammen dargestellt.

Durch ein erneutes Anklicken des Schalters **Start A-scan** wird der Messbetrieb beendet.

Im B-, M- und CT-mode wird das Messsystem beim Start eines B-, M- oder CT-scans automatisch in den Messbetrieb versetzt. Zum Beenden des Messbetriebs muss ein laufender B-, M- bzw. CT-scan zuvor beendet werden.

Während mit dem **Hold/Resume**-Tool der Diagramme (Seite 19) lediglich die Aktualisierung der Diagramme unterbrochen wird, unterbricht der **Freeze**-Schalter den Messbetrieb des Programms und Echoskops selbst. Dabei stoppt das Echoskop die Triggerung und Erzeugung von Ultraschallimpulsen. Außerdem wird der Datentransfer vom und zum Echoskop unterbrochen. Der Messbetrieb wird quasi eingefroren.

Durch das erneute Anklicken des **Freeze**-Schalters wird der Messbetrieb wieder aufgenommen.

Während eines laufenden B-, M- oder CT-Messung ist eine Unterbrechung des Messbetriebs mittels des **Freeze***-Schalters nicht möglich.*

5.3.2 Darstellung der Messsignale im A-Scan-Diagramm

Die grafische Darstellung von Ultraschallsignalen im A-Scan-Diagramm kann auf drei verschiedenen Arten erfolgen (Abb. 26):

- **HF**: Es wird nur das Ultraschallsignal (das digitalisierte Messsignal) dargestellt.
- **Amp**: Es wird nur das Amplitudensignal (die vom Programm berechnete Einhüllende des Ultraschallsignals) dargestellt.
- **Both**: Es werden sowohl Ultraschall- als auch Amplitudensignal dargestellt.

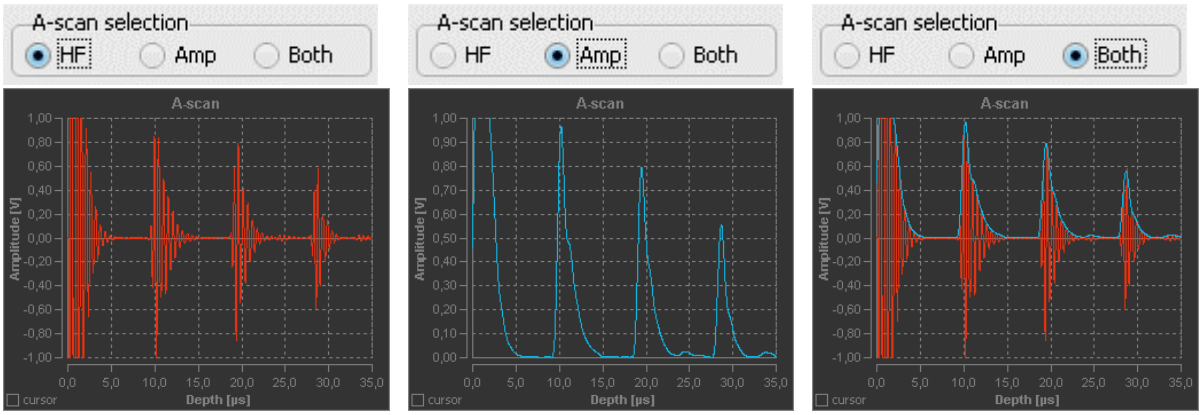


Abb. 26: Darstellungsarten eines Amplitudenscans

5.3.3 Mess- und Programmparameter

Im Feld **Parameters** auf der linken Seite der Programmoberfläche sind fast alle Funktionen, Parameter und Einstellmöglichkeiten zu finden, die für die Durchführung, Aufzeichnung und Auswertung von Ultraschallmessungen mit den 1-, 2- oder 4-MHz-Ultraschallsonden benötigt werden.

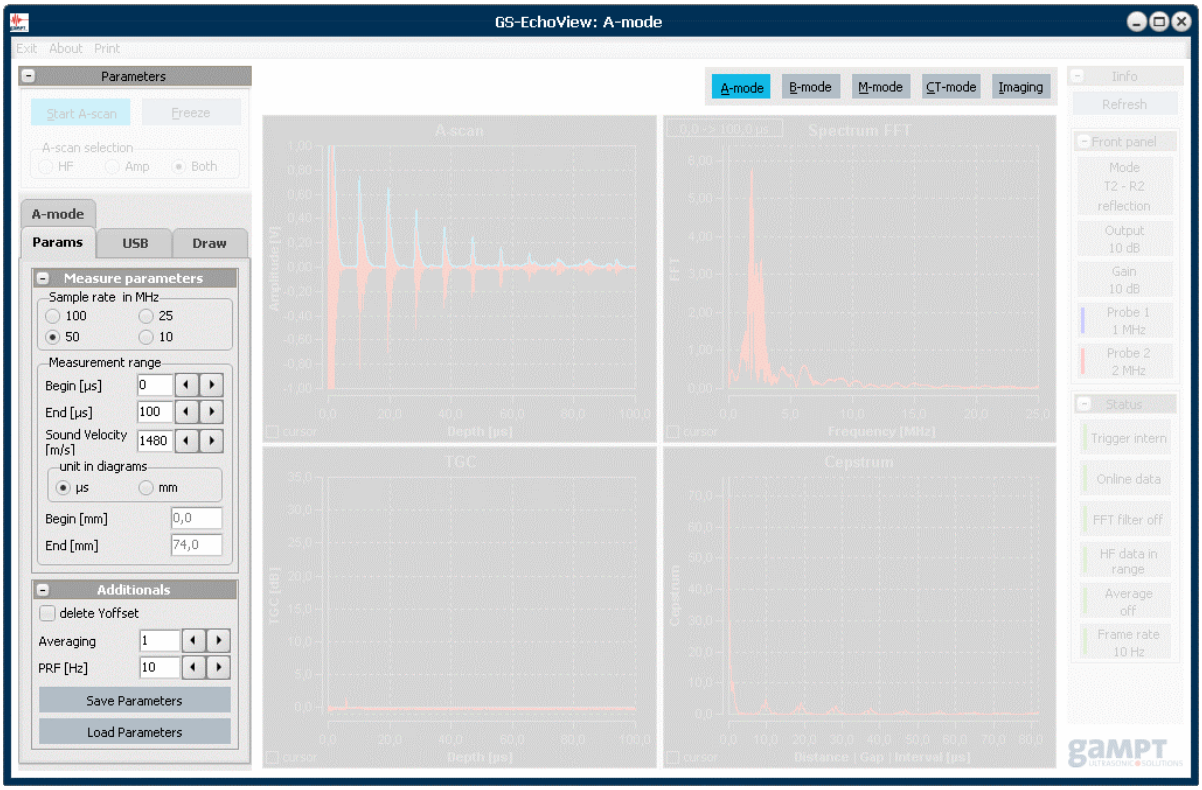


Abb. 27: Register für Mess- und Programmparameter

Die Parameter und Funktionen sind thematisch in folgenden Registern organisiert:

Register	Beschreibung
Params	Grundlegende und im Allgemeinen in alle Programm-Modi gültige Mess- und Zusatzparameter für die A-Scans (Kapitel **5.3.3.1**).
USB	Funktionen zur Überprüfung und zum Zurücksetzen der USB-Verbindungen zum Echoskop und zur CT-Steuerung. Wechsel zwischen Online- und Simulationsmodus des Programms (Kapitel **5.3.3.2**).
Draw	Grundlegende Farbeinstellungen für alle Diagramme. Speicheroptionen der Diagrammeinstellungen (Kapitel **5.3.3.3**).
A-mode	Parameter, Einstellungen und Funktionen zur Durchführung und Auswertung von Ultraschallmessungen nach dem A-Bild-Verfahren (Kapitel **5.3.5**).
B-mode	Parameter und Einstellungen zur Erzeugung und Auswertung handgeführter B-Bilder mit den Ein-Element-Wandlern (Kapitel **5.3.6**).
M-mode	Parameter und Einstellungen zur Erzeugung und Auswertung vom Ultraschallbildern nach dem Time-Motion-Verfahren (Kapitel **5.3.7**).
CT-mode	Parameter und Einstellungen zur Erzeugung und Darstellung von Ultraschall-Computer-Tomogrammen (Kapitel **5.3.8**).

5.3.3.1 Register Params

Das Register **Params** umfasst Mess- und Softwareparameter, die für alle vier Programm-Modi gelten. Dabei sind die einzelnen Parameter in den zwei Gruppen zusammengefasst: **A-scan parameters** und **Additionals**.

A-scan parameters :: Sample rate

Die analogen Messsignale der Ultraschallscans werden im Echoskop für die Datenübertragung über die USB-Schnittstelle digitalisiert. Für die Digitalisierung kann zwischen vier Abtastraten - 10, 25, 50 oder 100 MHz – gewählt werden (siehe Abb. 28).

A-scan parameters :: Measurement range :: Begin / End [µs]

Der Messbereich bezeichnet den Laufzeitbereich eines Ultraschallsignals bzw. den Tiefenbereich der Ultraschallmessung, der vom Echoskop erfasst und aufgezeichnet wird. Der Bereich wird durch einen Startwert in µs (*Begin*) und einen Endwert in µs (*End*) definiert.

Der maximal erfassbare Messbereich (*End* minus *Begin*) ist abhängig von der gewählten Abtastrate.

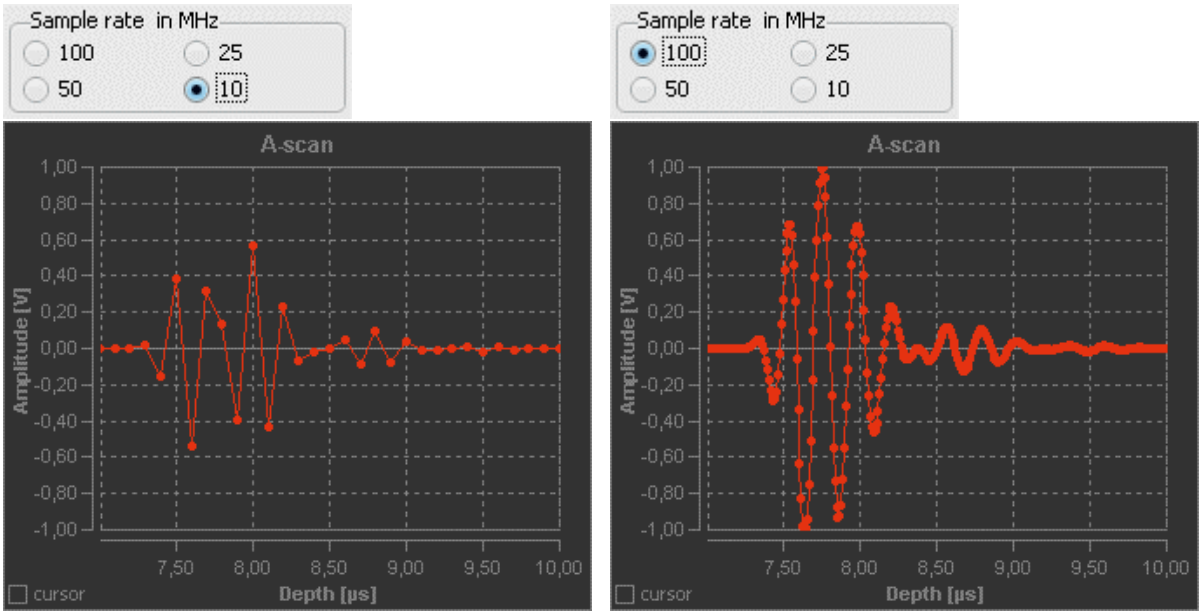


Abb. 28: Ultraschall-Echoimpuls digitalisiert mit Abtastraten von 10 und 100 MHz (4-MHz-Sonde).

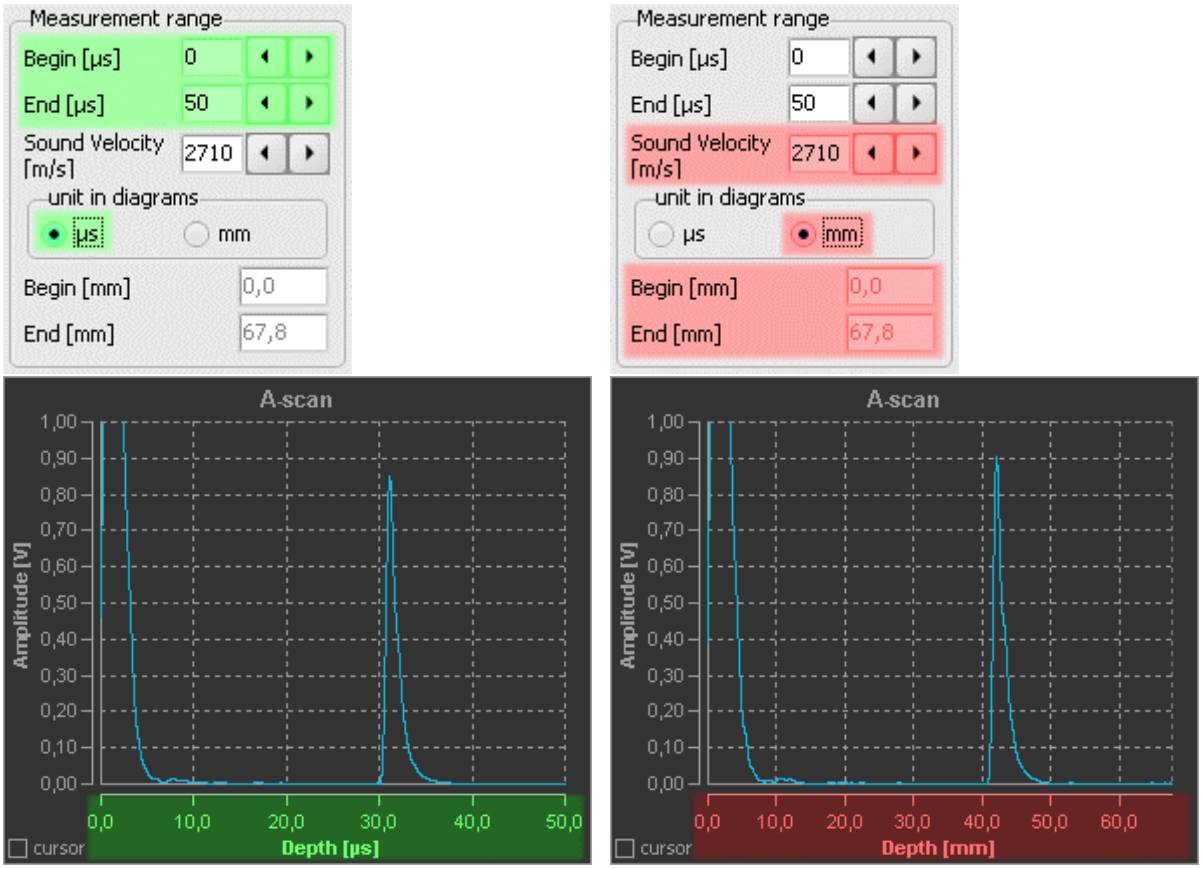


Abb. 29: Amplitudenscan links als Laufzeitmessung und rechts als Tiefenmessung

A-scan parameters :: Measurement range :: Sound velocity

Amplitudenscans können als Laufzeit- oder Tiefenmessung durchgeführt werden (Abb. 29). Die Auswahl erfolgt durch Angabe der Skalierungseinheit unter *Unit in diagrams*:

- µs (Mikrosekunden) für eine Laufzeitmessung oder
- mm (Millimeter) für eine Tiefenmessung.

Die zur Berechnung einer Tiefenmessung notwendige Angabe der Ausbreitungsgeschwindigkeit wird im Eingabefeld *Sound velocity* vorgenommen.

Additionals :: delete Yoffset

Die Amplitude eines Ultraschallsignals kann einen Offset aufweisen, der mehrere Millivolt betragen kann (Messkurve links in Abb. 30). Dieser Amplituden-Offset beeinflusst die Berechnung der Einhüllenden des Ultraschallsignals. Das Setzen des Parameters *delete Yoffset* bewirkt eine automatische Korrektur des Offsets für jeden Amplitudenscan (Messkurve rechts in Abb. 30).

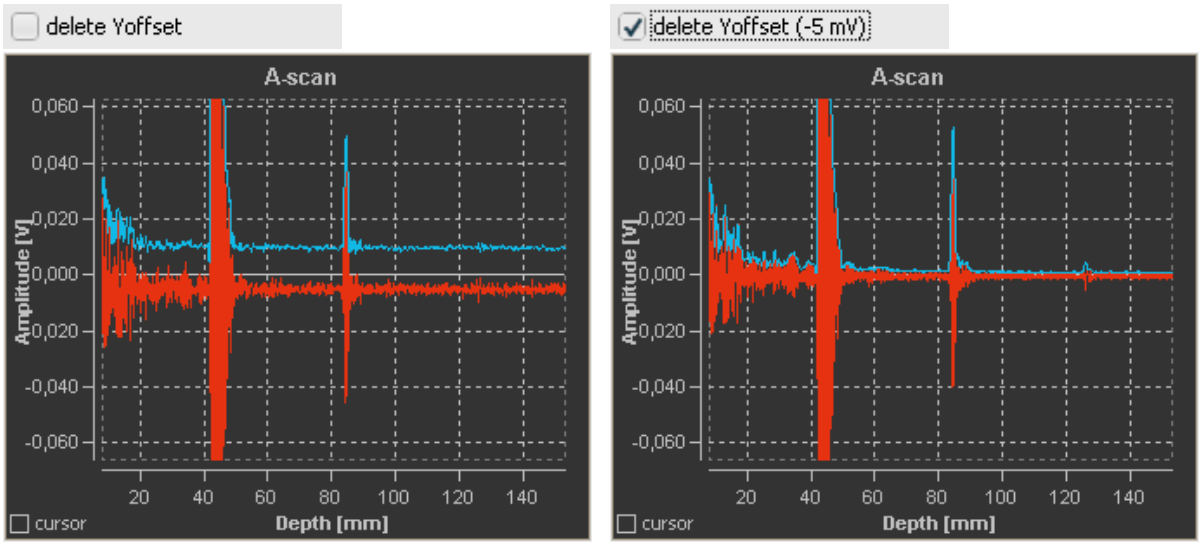


Abb. 30: Amplitudenscan mit und ohne Korrektur des Amplituden-Offsets

Additionals :: PRF

Die Anregung der Ultraschallwandler zur Erzeugung von Schallimpulsen und die anschließende Analog-Digital-Umsetzung der Signalkanäle (Ultraschallsignal und TGC-Signal) im Echoskop werden mit einer bestimmten Frequenz getriggert. Diese Triggerfrequenz ist entweder fest vorgegeben (Stand-alone-Betrieb, externer Trigger) oder vom Parameter *PRF* abhängig (PC-Betrieb mit GS-EchoView).

Je Triggerpuls wird immer nur ein Signalkanal verarbeitet. Werden vom Programm sowohl das Ultraschallsignal als auch das TGC-Signal angefordert, erfolgt deren Analog-Digital-Umsetzung periodisch im Wechsel. Während das Programm im Messbetrieb das Ultraschallsignal immer anfordert, ruft es das TGC-Signal nur dann ab, wenn auch das TGC-Fenster geöffnet ist.

Der Parameter *PRF* (pulse repetition frequency – Pulswiederholrate) gibt nun die Frequenz vor, mit der das Ultraschallsignal erfasst und verarbeitet werden sollen. Wird nur das Ultraschallsignal abgerufen, dann entspricht die am Triggerausgang an der Frontseite des Echoskops messbare Triggerfrequenz in etwa dem *PRF*-Wert. Wird zusätzlich auch das TGC-Signal angefordert, ist die messbare Triggerfrequenz doppelt so groß wie der vorgegebene *PRF*-Wert.

Im **CT-mode** *findet der* PRF*-Parameter keine Anwendung, da dort die Triggerung auf andere Art und Weise erfolgt.*

Additionals :: Averaging

Im Messbetrieb werden die vom Programm abgerufenen Datenreihen der einzelnen Ultraschallscans in einen Puffer geschrieben. Der Wert des Parameters *Averaging* bestimmt die Anzahl der zu puffernden Datenreihen über die gemittelt wird. Mit jeder neuen Datenreihe erfolgt eine Neuberechnung der Mittelwerte, wobei die jeweils ältesten Messwerte aus dem Puffer geschoben werden. Die gleitende Mittelwertbildung der Messsignale bewirkt eine Glättung der Messsignale, wobei Störungen im Messsignal unterdrückt und Schwankungen bzw. Rauschen auf dem Messsignal abgemildert werden.

Um die Nachteile der Glättung insbesondere bei hohen Averaging*-Werten (z. B. die langsame Reaktion auf schnelle bzw. sprunghafte Änderungen) bei Messungen mit bewegten oder sich bewegenden Ultraschallwandlern oder Untersuchungsobjekten zu vermeiden, kommt der* Averaging*-Parameter nur im* **A-mode** *zur Anwendung.*

5.3.3.2 Register USB

Während des Programmstarts scannt das Programm die USB-Schnittstellen. Angeschlossene und eingeschaltete Geräte (Echoskop, CT-Steuerung) werden im Normalfall automatisch erkannt und verbunden.

Kann keine Verbindung zum Echoskop aufgebaut werden, empfiehlt es sich, das Programm im Simulationsmodus zu starten und das Register **USB** aufzurufen. Das Register stellt Informationen zum aktuellen Verbindungsstatus bereit sowie Funktionen, mit denen manuell eine Verbindung zum Echoskop oder zur CT-Steuerung hergestellt werden kann (Abb. 31).

Um erfolgreich eine Verbindung zum Echoskop und/oder zur CT-Steuerung herstellen zu können, muss der richtige USB-ID-String im Feld **ID string** *eingetragen sein. Der USB-ID-String ist im USB-Chip des Gerätes gespeichert. Zur Zeit gültige USB-ID-Strings sind:*

GAHS *für das Echoskop GS200/GS200i und*
GACT *für die CT-Steuerung*

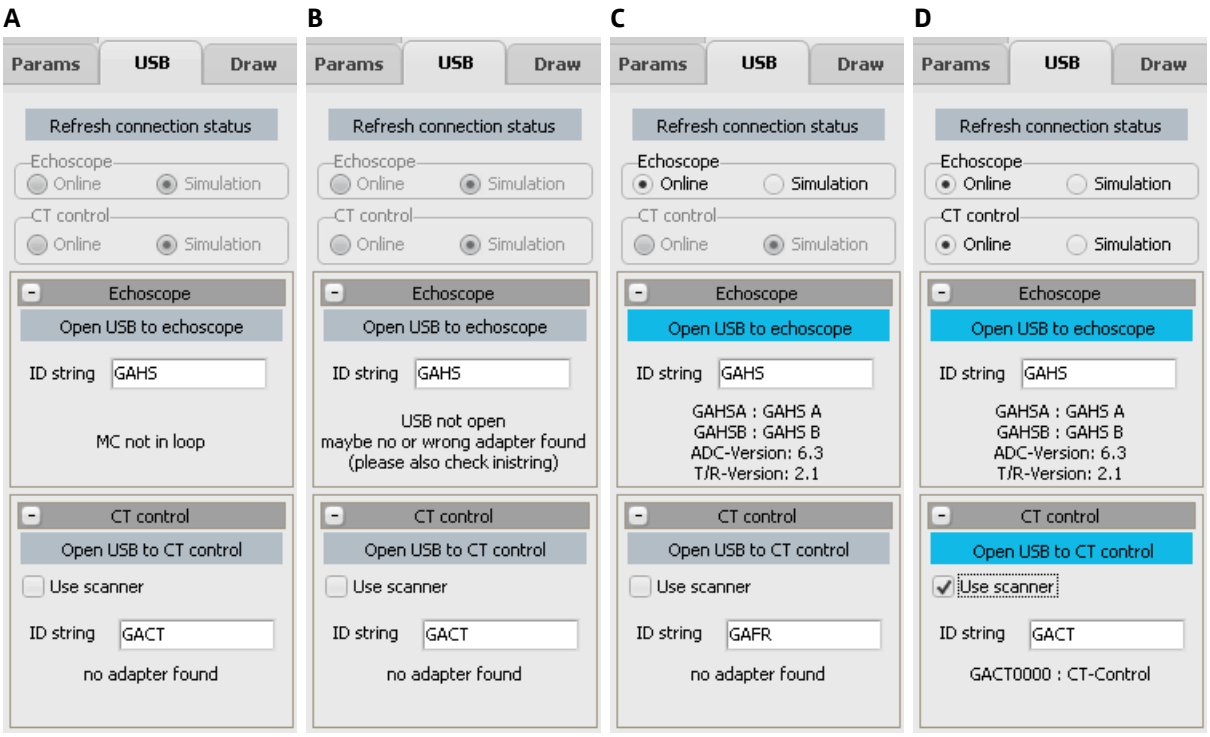


Abb. 31: Register ***USB*** *bei verschiedenen Verbindungszuständen*

A: keine Geräte angeschlossen

B: Echoskop und CT-Steuerung angeschlossen aber nicht eingeschaltet

C: USB-Verbindung zum Echoskop hergestellt
keine Verbindung zur CT-Steuerung (falscher USB-ID-String)

D: USB-Verbindung zum Echoskop und zur CT-Steuerung hergestellt

5.3.3.3 Register Draw

Farbschemata

Über das Register Draw können grundlegende Farbeinstellungen für die Diagramme vorgenommen werden, die für alle Diagramme gelten und beim Beenden des Programms automatisch gespeichert werden. Es kann zwischen zwei Farbschemata hin- und hergewechselt werden:

- **Dark**: Hintergrund dunkel, Vordergrund (Achsen und Beschriftung) hell. Diese Einstellung eignet sich vor Allem für die Arbeit am Bildschirm (siehe Abb. 32).
- **Bright**: Hintergrund hell, Vordergrund (Achsen und Beschriftung) dunkel. Dieses Farbschema ist von Vorteil, wenn Diagramme oder Bildschirmkopien gedruckt werden sollen (siehe Abb. 33).

Hintergrund- und Vordergrundfarbe der beiden Farbschemata können mit Hilfe der Schalter **Background** und **Axes / text** angepasst werden. Die Schalter öffnen ein Auswahlfenster, in dem die gewünschten Farbeinstellungen vorgenommen werden können.

Der Schalter **All default colors** setzt die Farbwerte beider Schemata auf ihre Standardwerte zurück.

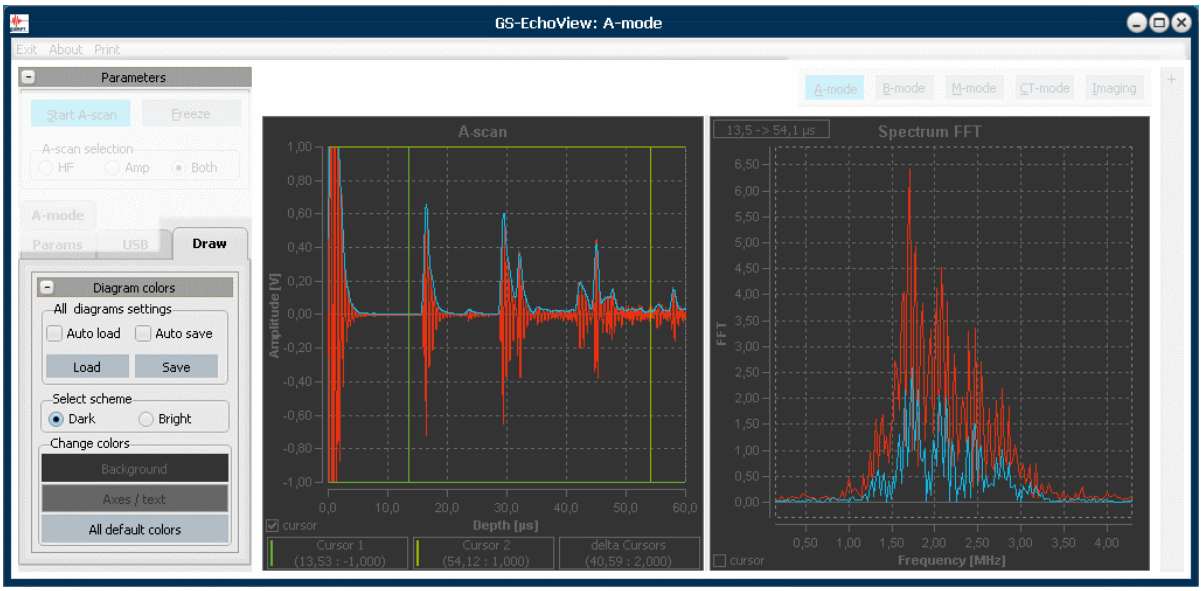


Abb. 32: Basis-Farbschema **Dark**

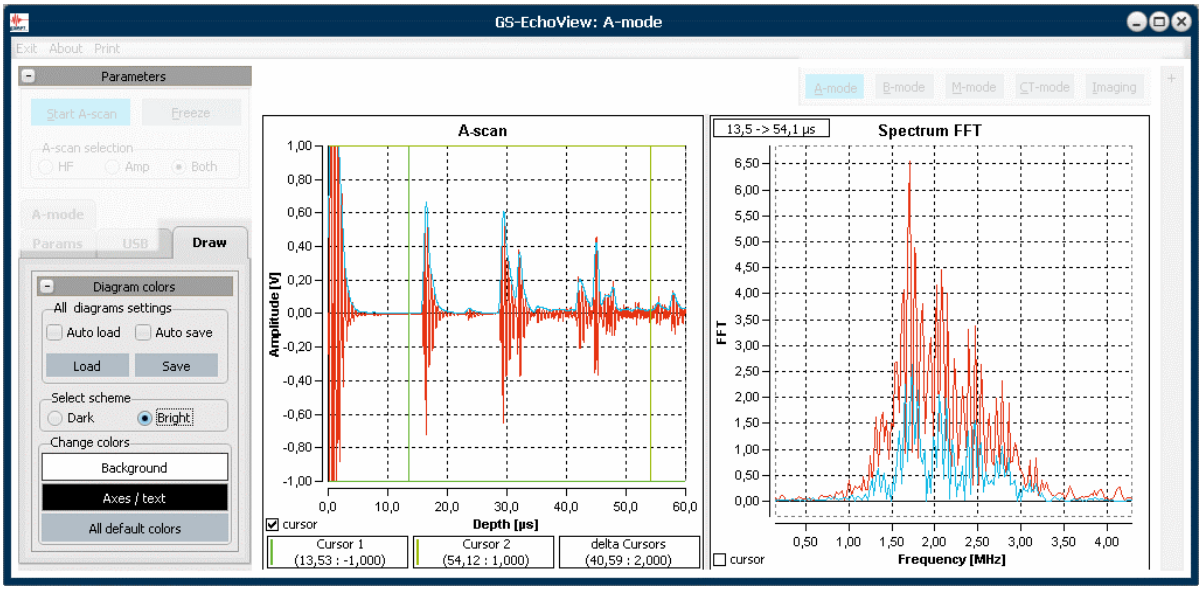


Abb. 33: Basis-Farbschema **Bright**

Die Einstellungen der beiden Farbschemata gelten für alle Diagramme im A-mode, B-mode, M-mode und CT-mode und werden beim Beenden des Programms automatisch gespeichert.

Alle anderen Einstellungen der Diagramme werden gesondert über das Setup-Menü des jeweiligen Diagramms vorgenommen (Kapitel **5.1.3.1 Diagramm-Toolbars**).

Speichern/Laden von Diagrammeinstellungen

Mit den Schaltern **Load** und **Save** (Abb. 34) können die Einstellungen aller Diagramme im A-mode, B-mode, M-mode und CT-mode auf einmal gespeichert und wieder geladen werden. Mit Hilfe der Checkboxen *Auto load* und *Auto save* wird festgelegt, ob die Diagrammeinstellungen beim Starten bzw. Beenden des Programms automatisch geladen bzw. gespeichert werden.

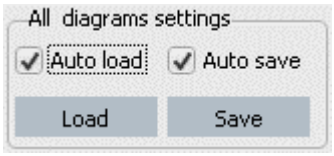


Abb. 34: Funktionsgruppe **All diagrams settings** *im Register Draw*

Es ist zu beachten, dass beim Beenden des Programms die zuletzt gespeicherten Diagrammeinstellungen ohne Nachfrage überschrieben werden, wenn der Parameter Auto save *gesetzt ist.*

Im Folgenden wird kurz das Verhalten des Programms bei verschiedenen Einstellungen der Parameter *Auto load* und *Auto save* hinsichtlich der Sicherung von Diagrammeinstellungen beschrieben.

Beim Programmstart werden Default-Einstellungen geladen. Geänderte Diagrammeinstellungen werden beim Beenden des Programms nicht gespeichert.

Beim Programmstart werden die zuletzt gespeicherten Einstellungen geladen. Beim Programmende überschreibt das Programm die zuletzt gesicherten Daten mit den aktuellen Diagrammeinstellungen.

Beim Programmstart werden die zuletzt gespeicherten Einstellungen geladen. Änderungen der Diagrammeinstellungen werden beim Beenden des Programms nicht gespeichert.

Beim Programmstart werden Default-Einstellungen geladen. Beim Programmende überschreibt das Programm die zuletzt gesicherten Daten mit den aktuellen Diagrammeinstellungen.

5.3.4 Informationen zu Geräteinstellungen und zum Programmstatus

Auf der rechten Seite des Programmfensters werden im Info-Feld Information angezeigt, die Auskunft über den Status des Messsystems geben.

Die angezeigten Informationen werden während des Messbetriebs laufend aktualisiert. Im Stand-by-Betrieb erfolgt kein Datentransfer zwischen PC und Echoskop. In diesem Fall kann die Anzeige nach einer Änderung (Sondenwechsel, Änderung des Sendepegels und der Verstärkung, Änderung von Programmparametern usw.) manuell mit Hilfe des Schalters **Refresh** aktualisiert werden.

5.3.4.1 Geräteinformationen (Front panel)

In der Gruppe **Front panel** werden Information zu den angeschlossenen Ultraschallwandlern und zu den Geräteeinstellungen, die an der Vorderseite des Echoskops vorgenommen werden, angezeigt.

Betriebsart des Echoskops

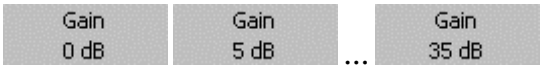
Das Anzeigefeld **Mode** gibt Auskunft über die eingestellte Betriebsart des Echoskops (Reflexion oder Durchschallung) sowie die Art der Verwendung der angeschlossenen Ultraschallwandler. Dabei steht T für Transmitter (Sender), R für Receiver (Empfänger) und die Ziffer bezeichnet den Sondenanschluss am Echoskop (PROBE 1 bzw. PROBE 2).

Anzeige	PROBE 1	PROBE 2	Betriebsart
T1 –R1 reflection	Sender und Empfänger	nicht aktiv	Reflexion
T1 –R2 transmission	Sender	Empfänger	Transmission
T2 - R2 transmission	Empfänger	Sender	Transmission
T2 – R2 reflection	nicht aktiv	Sender und Empfänger	Reflexion

Sendeleistung des Echoskops

Das Feld **Output** zeigt den am Echoskop eingestellten Sendepegel an. An welcher der beiden Anschlüsse Probe 1 oder Probe 2 der Sendepegel anliegt, kann dem Anzeigefeld **Mode** entnommen werden.

Verstärkung des Echoskops



Das Feld **Gain** zeigt die am Echoskop eingestellte Verstärkung des Signals des Ultraschallwandlers an.

Angeschlossene Ultraschallwandler

Die Felder **Probe 1** und **Probe 2** geben Auskunft darüber, ob ein Ultraschallwandler an dem jeweiligen Sondeneingang angeschlossen ist und ob der Wandler erkannt wurde. Die Ultraschallwandler von GAMPT besitzen eine Hardwarekodierung, so dass sie automatisch erkannt werden können.

Anzeige	Beschreibung
no probe	Es ist kein Ultraschallwandler angeschlossen.
unknown	Es ist ein Ultraschallwandler angeschlossen, der nicht erkannt wird(z. B. bei einer defekten Wandlerkodierung).
1 MHz	Es ist ein Ultraschallwandler mit einer Wandlerfrequenz von 1 MHz angeschlossen.

5.3.4.2 Informationen zum Programm- und Messbetrieb

Die Felder der Anzeigegruppe Status geben Auskunft über den Programm- und Messstatus.

Triggerung der Ultraschallpulserzeugung

Die periodische Anregung der Ultraschallwandler zur Erzeugung eines Ultraschallimpulses kann *intern* (Stand-alone-Betrieb oder PC-Betrieb) oder durch einen *externen* Trigger erfolgen. Das Trigger-Feld zeigt an, ob das Echoskop auf interne oder externe Triggerung eingestellt ist (siehe Kapitel **4.4.2 Externe Triggerung**).

Daten-Status

Dieses Feld zeigt an, ob das System mit aktuellen Messdaten (Onlinedaten) vom Echoskop oder mit gespeicherten Daten (Simulationsdaten) im Simulationsmodus arbeitet (siehe Kapitel **5.2.2 Simulationsmodus**).

Status des FFT-Filters

Mit dem Programm ist eine spektrale Analyse des gemessenen Ultraschall-Amplitudensignals möglich. Über das Frequenzspektrum des Messsignals, das mit Hilfe einer FFT (Fast-Fourier-Transformation) bestimmt wird, kann ein variabler Frequenzfilter gelegt werden. Dieser FFT-Filter wird im eingeschalteten Zustand direkt auf das Messsignal angewandt (siehe Beschreibung **Frequenzspektrum und Frequenzfilter** auf Seite 45).

Status der HF-Daten

Das analoge Ultraschallmesssignal wird bei der Digitalisierung im Echoskop auf einen Spannungsbereich von –1 Volt bis +1 Volt begrenzt. Alle größeren oder kleineren Spannungswerte werden abgeschnitten (Abb. 35 und 36). Eine solche Übersteuerung des Messsignals durch eine zu große Sendeleistung oder zu große Verstärkung wird in der Statusanzeige als **HF data overrun** angezeigt.

*Da die Einhüllende (*Amp-*Signal) des Ultraschallmesssignals auch dann berechnet wird, wenn das Messsignal übersteuert ist, sollte unbedingt auf die Statusmeldung* HF data overrun *geachtet werden. Insbesondere bei Amplitudenmessungen sind daher Sendepegel und Verstärkung so zu wählen, dass die Spannungsamplitude des Messsignals ±1 Volt nicht übersteigt.*

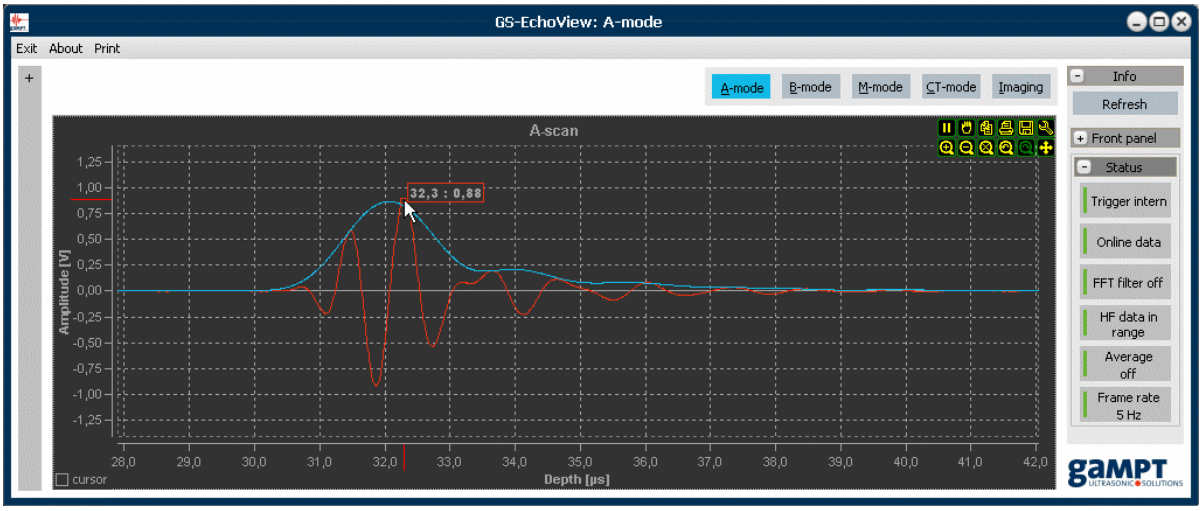


Abb. 35: Amplitudensignal im gültigen Wertebereich zwischen –1 V und +1 V

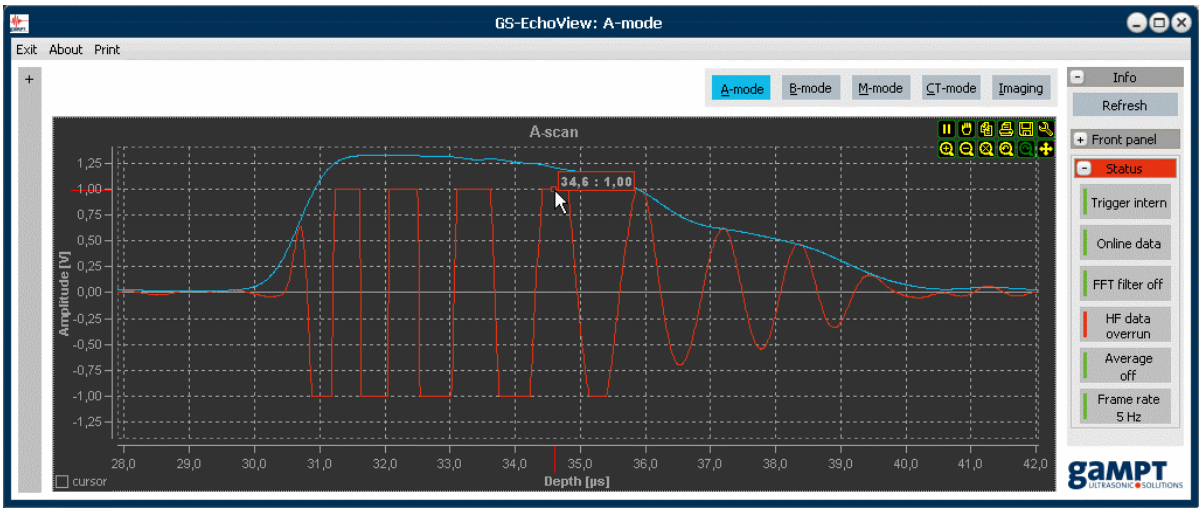


Abb. 36: Übersteuertes, bei ±1 Volt abgeschnittenes Messsignal

Status der Mittelwertbildung

Die Statusanzeige **Average** zeigt an, ob und über wie viele Einzelscans (Datenreihen) eine Mittelwertbildung erfolgt. Die Einstellung der Mittelwertbildung erfolgt im Register **Params** über den Parameter *Averaging* (siehe Seite 31 Abschnitt **Additionals :: Averaging**).

Frame rate

Die **Frame rate** gibt an, wie oft die graphische Darstellung der Messergebnisse (Diagramme) aktualisiert wird. Die maximal erreichbare **Frame rate** ist von verschieden Faktoren abhängig, wie:

- der Dauer der Datenübertragung zwischen Echoskop und Computer,
- der Rechenleistung des Computers,
- der Anzahl der Messpunkte (bedingt durch Abtastrate und Messbereich),
- der Anzahl der geöffneten Diagramme oder
- der Anzahl der Mittelungen.

Die Frame rate *darf nicht mit dem Parameter* PRF *verwechselt werden. Die Werte beider Größen können stark voneinander abweichen. Während die* PRF *durch die Verarbeitungsgeschwindigkeit der elektronischen Bauelemente (ADU, Mikrocontroller usw.) begrenzt wird, ist die* Frame rate *von den oben beschriebenen Faktoren abhängig.*

5.3.5 A-mode

Wie oben beschrieben startet die Messsoftware GS-EchoView immer im **A-mode**. In diesem Programmmodus können Ultraschallmessungen nach dem A-Bild-Verfahren im Impulse-Echo-Betrieb (Reflexion) oder im Durchschallungs-Betrieb (Transmission) durchgeführt werden.

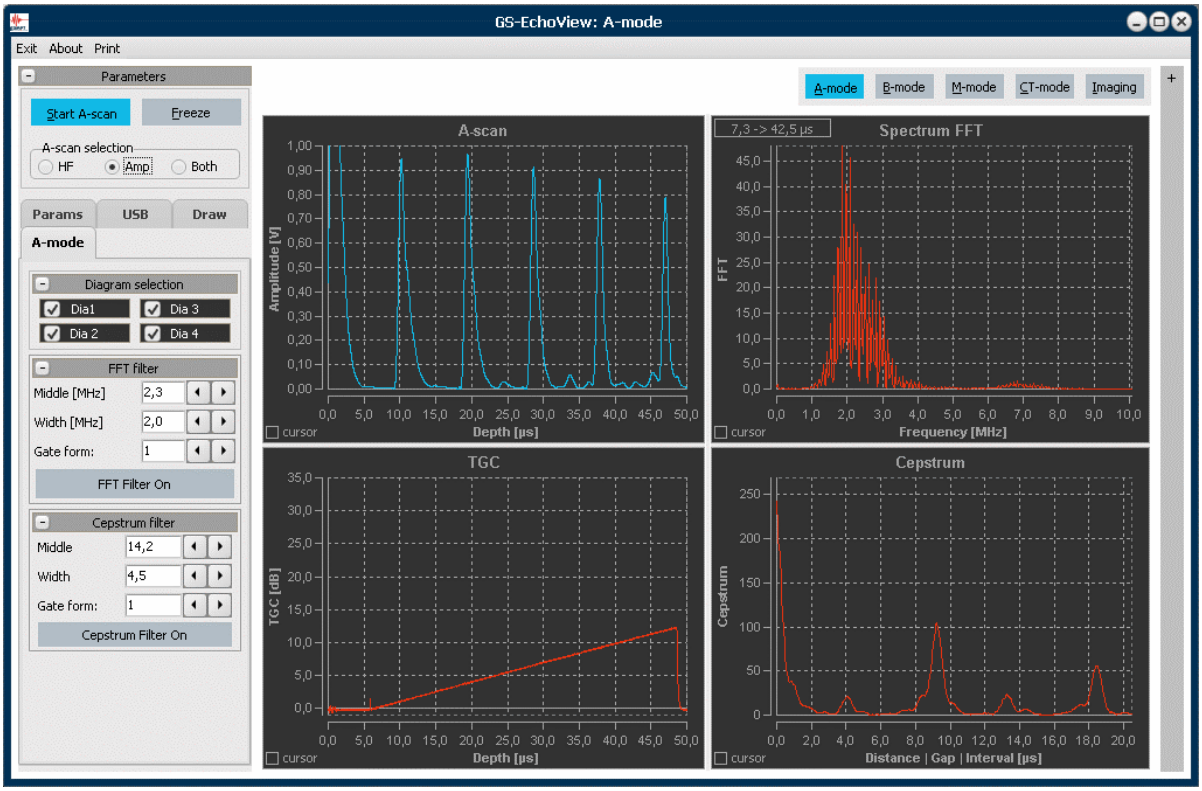


Abb. 37: Programmansicht im A-mode-Betrieb

Die Parameter für die Messungen werden im Register **Params** und mit Hilfe der Bedienelemente an der Vorderseite des Echoskops eingestellt.

Starten Sie den Messbetrieb, wie in Kapitel **5.3.1** beschrieben. Das Echoskop wird nun ununterbrochen Ultraschallscans durchführen und die Messdaten für den Transfer zum PC bereitstellen. Das Programm GS-EchoView ruft die bereitgestellten Messdaten vom Echoskop ab und stellt sie in den Diagrammen grafisch dar. Die im Infofeld angezeigte *Frame rate* gibt die Aktualisierungsrate der Diagramme an, d. h., die Anzahl an Datenreihen, die vom Programm tatsächlich angezeigt werden können.

Für die Darstellung und Auswertung der Messdaten stehen im **A-mode** des Programms die vier Diagramme **A-scan** (Dia1), **TGC** (Dia2), **Spectrum FFT** (Dia3) und **Cepstrum** (Dia4) zur Verfügung. Die Diagramme können über das Register **A-mode** einzeln ein- und ausgeschaltet werden.

Da alle anderen bildgebenden Ultraschallverfahren im Programm auf den Amplitudenscans aufbauen, sind das A-Scan- und das TGC-Diagramm auch im **B-**, **M-** und **CT-mode** verfügbar.

5.3.5.1 Laufzeit- und Amplitudenmessungen

Mit Hilfe der Messcursor (Kapitel **5.1.3.3**) können im A-Scan-Diagramm Schalllaufzeiten und Echoamplituden gemessen werden.

Laufzeitmessung

Laufzeitmessungen werden durchgeführt, um z. B. die Tiefe von Störungen in einem Körper zu bestimmen oder die Schallgeschwindigkeit in einem bestimmten Material zu ermitteln. Bei bekannter Schallgeschwindigkeit kann die Skalierung der x-Achse von Laufzeit auf Tiefe umgeschaltet werden (siehe Abb. 29).

Zum Messen der Laufzeit eines Echosignals bzw. der Tiefe einer Störung ist die vertikale Messlinie von einem der Messcursor an den Anfang der ansteigenden Flanke des zu vermessenden Echoimpulses zu setzen (Abb. 38).

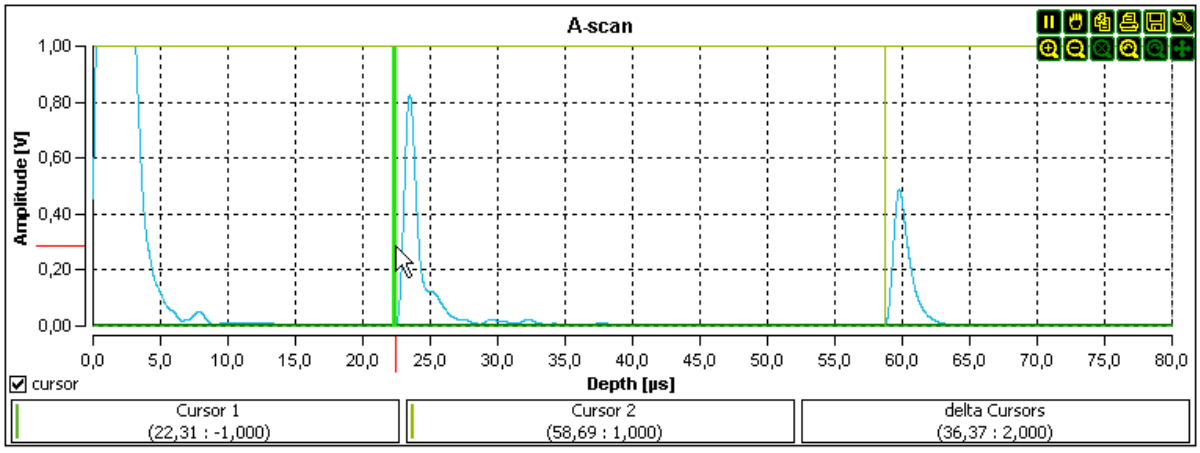


Abb. 38: Positionierung der Messcursor zur Laufzeitmessung in der Amp*-Darstellung eines Ultraschallscans.*

Messungen der absoluten Laufzeit können fehlerbehaftet sein, z. B. durch die mitgemessene Laufzeit in der Anpassungsschicht der Wandler. Diese Fehler können durch relative Laufzeitmessungen unter Verwendung beider Messcursor vermieden werden (Nutzung von Mehrfachreflexionen, Verwendung einer Vorlaufstrecke, Differenzbestimmung durch Messung der Laufzeiten für unterschiedliche Schallwege).

Amplitudenmessung

Amplitudenmessungen werden z. B. durchgeführt, um die Schallschwächung in einem Material zu bestimmen. Zum Messen der Amplitude eines Echosignals wird die horizontale Messlinie von einem der Messcursor verwendet (Abb. 39).

Der Amplitudenwert eines einzelnen Echosignals besitzt für sich allein keine Aussagekraft. Daher werden im Allgemeinen vergleichende Messungen durchgeführt. Die Amplitudenscans in Abb. 39

zeigen z. B. Amplitudenmessungen an Acrylzylindern unterschiedlicher Länge. In diesem Beispiel ist die Abnahme der Amplitude des Impulssignals mit zunehmender Laufzeit ein Maß für die Schallschwächung in Acryl.

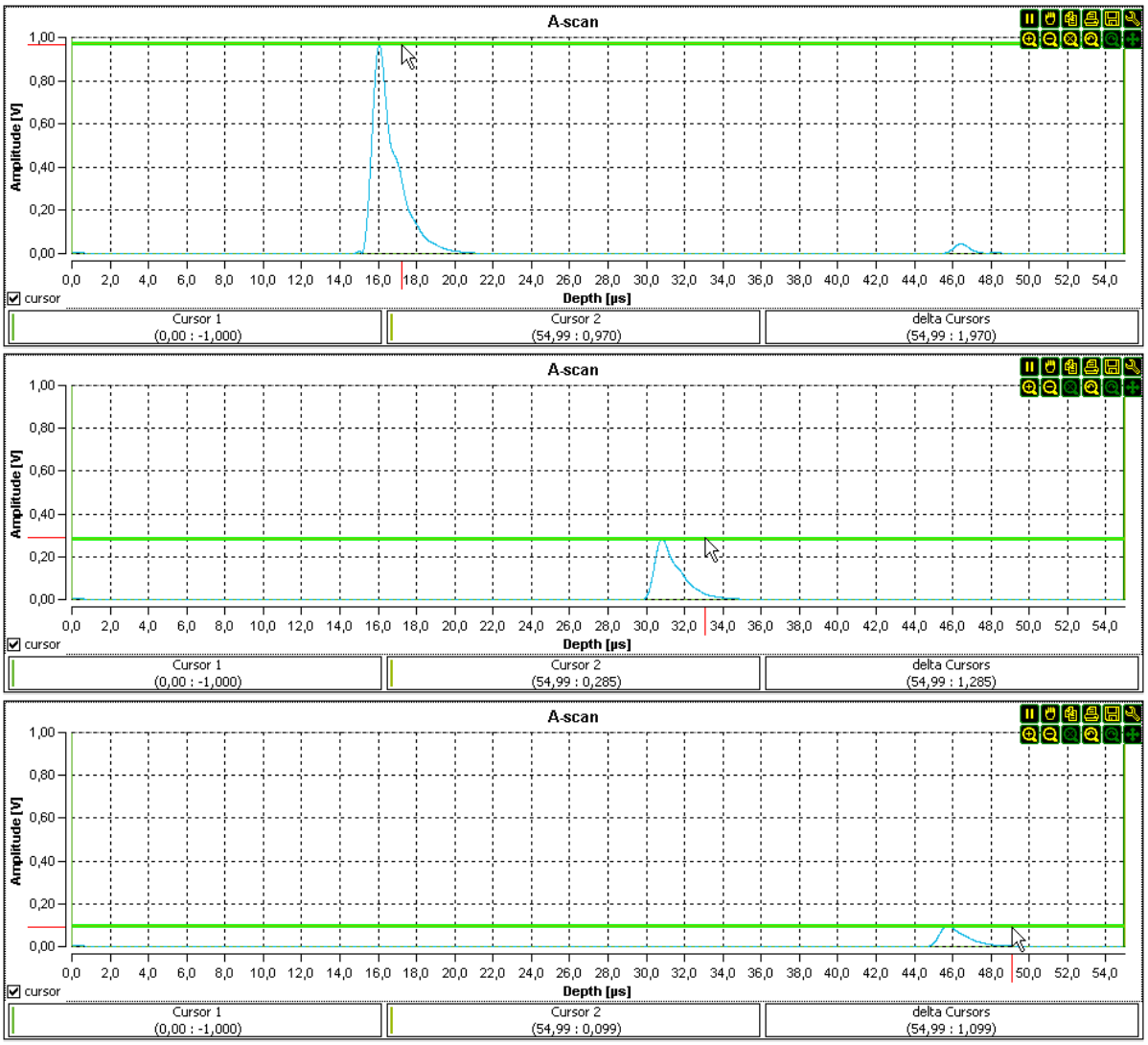


Abb. 39: Transmissionsmessungen an Acryl-Zylindern unterschiedlicher Länge (von oben nach unten: 40 mm, 80 mm und 120 mm).

Um die gemessenen Amplitudenwerte miteinander vergleichen zu können, müssen die Messungen unter den gleichen Bedingungen (Sendeleistung, Verstärkung, Versuchsaufbau, ...) durchgeführt werden. So können z. B. Werte aus TGC-verstärkten Bereichen nicht mit anderen Amplitudenwerten verglichen werden.

5.3.5.2 Messgenauigkeit

Die analogen Messsignale der Ultraschallwandler werden vor dem Transfer zum PC im Echoskop digitalisiert. Die Anzeige der einzelnen Messpunkte (siehe Abb. 40 rechtes Diagramm) kann über das Setup-Werkzeug (*Channels::Points::Visible)* in der Haupttoolbar der Diagramme ein- und ausgeschaltet werden.

Auflösung der Analog-Digital-Umsetzung

Laufzeit: *Abhängig von der Abtastrate (siehe Kapitel **5.3.3.1 Register Params**).*
Bei einer Abtastrate von 100 MHz beträgt sie somit 10 ns.

Amplitude: *ca. 1 mV*

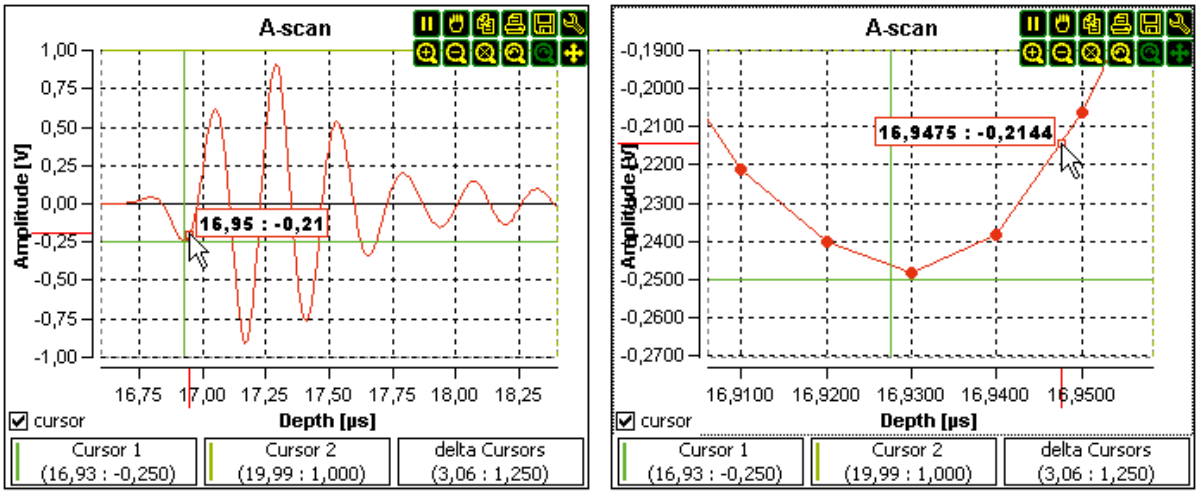


Abb. 40: Anzeige von Messwerten in verschiedenen Zoomansichten

Die aus den Diagrammen ablesbaren Zahlenwerte (Einzelpunkte, Achsenskalierung, Cursorpositionen) sind im Allgemeinen „interpolierte" Werte, die durch die Autoskalierung beim Zoomen scheinbar immer genauer werden (siehe Abb. 40).

Wir empfehlen daher im Allgemeinen Zahlenwerte mit einer Genauigkeit nicht höher als mit den oben genannten Auflösungen der AD-Umsetzung zu verwenden. Aus diesem Grund werden auch die Cursorwerte unter den Kurven immer in einer Genauigkeit von 0,01 µs bzw. 0,001 V angezeigt.

Natürlich wird die Genauigkeit, mit der die Messcursor in der Grafik positioniert werden können, mit zunehmendem Zoom steigen. Ob und wie weit allerdings die Messgenauigkeit durch die genauere Positionierung verbessert wird, hängt dabei auch vom Absolutwert der zu messenden Größe ab - relativer Fehler.

5.3.5.3 Frequenzspektrum und Frequenzfilter

Frequenzspektrum

Im **A-mode** des Programms kann einen Frequenzanalyse der abgerufenen Ultraschallscans durchgeführt werden. Das mit Hilfe einer Fast-Fourier-Transformation (FFT) berechnete Frequenzspektrum der Ultraschallscans wird im Diagramm **Spectrum FFT** angezeigt (Abb. 41).

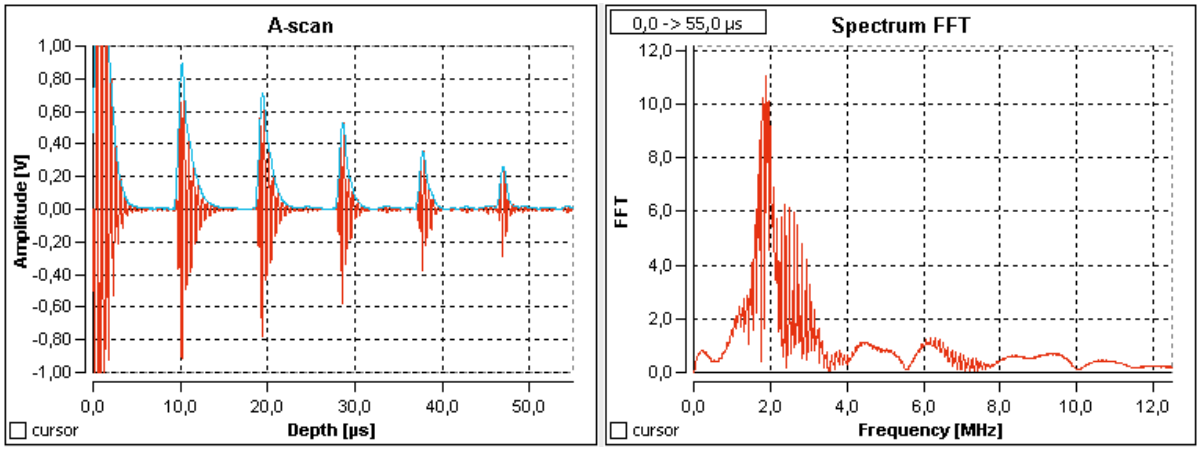


Abb. 41: A-Scan (links) mit zugehörigem Frequenzspektrum (rechts)

Der Frequenzbereich des berechneten FFT-Spektrums ist von der Abtastrate der Messung abhängig. Die Auflösung des Spektrums wird durch die Anzahl der zur Berechnung verwendeten Messpunkte begrenzt.

Bei der Berechnung des Spektrums werden nur die Messpunkte zwischen den vertikalen Messlinien der beiden Messcursor berücksichtigt, unabhängig davon, ob die Messcursor angezeigt werden oder nicht (Abb. 42). Damit erhält man eine Aussage über die innerhalb des gewählten Bereiches im Messsignal auftretenden Frequenzen.

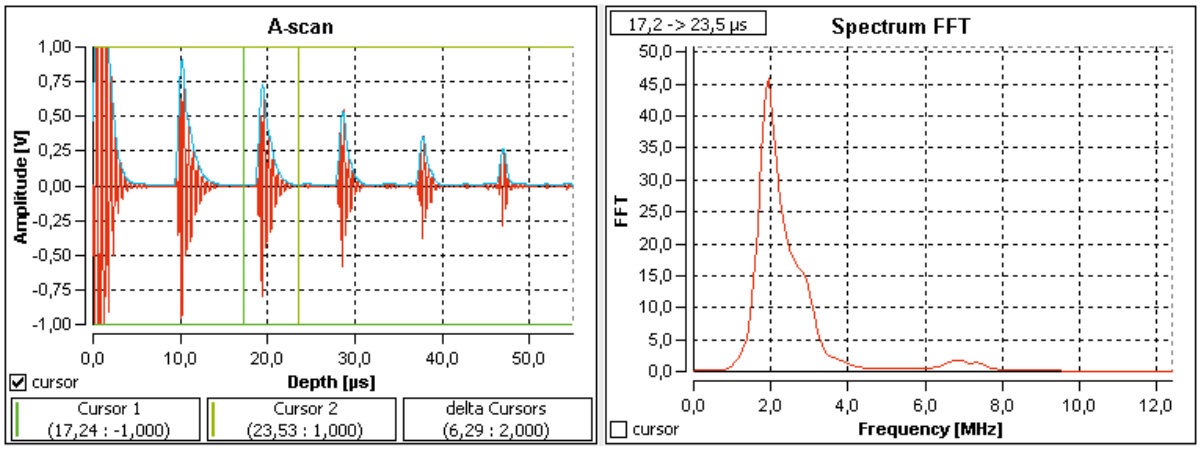


Abb. 42: Frequenzspektrum über den Teil des Messsignals zwischen 17,2 µs bis 23,5 µs.

Der Signalbereich, über den die Berechnung des Frequenzspektrums erfolgt, wird immer im linken oberen Teil des Spektrum-Diagramms angezeigt. Dadurch kann auch dann erkannt werden, ob sich das berechnete Frequenzspektrum auf einen vollständigen Datensatz oder nur einen Teil der Messdaten bezieht, wenn die Messcursor nicht im A-Scan-Diagramm angezeigt werden.

Frequenzfilter

Über das Frequenzspektrum kann ein Frequenzfilter gelegt werden. Dadurch lassen sich bestimmte (störende) Signalanteile aus dem Messsignal eliminieren.

Der Frequenzfilter kann über den Schalter **FFT filter on** im Register **A-mode** ein- und ausgeschaltet werden (Abb. 43). Entsprechend der dort eingestellten Filter-Parameter kann ein Band-, Hoch- oder Tiefpass bzw. eine Bandsperre erzeugt werden. Dabei bestimmt *Middle* die Position des Filters über dem Spektrum und *Width* die Filterbreite. Der Parameter *Gate form* legt die Steilheit der Filterflanken fest. Der Wert 0 entspricht einem Rechteck und negative Werte haben eine Bandsperre zur Folge.

Bei eingeschaltetem Frequenzfilter werden neben dem Spektrum auch die Filterkurve und das gefilterte Spektrum im Spektrum-Diagramm angezeigt.

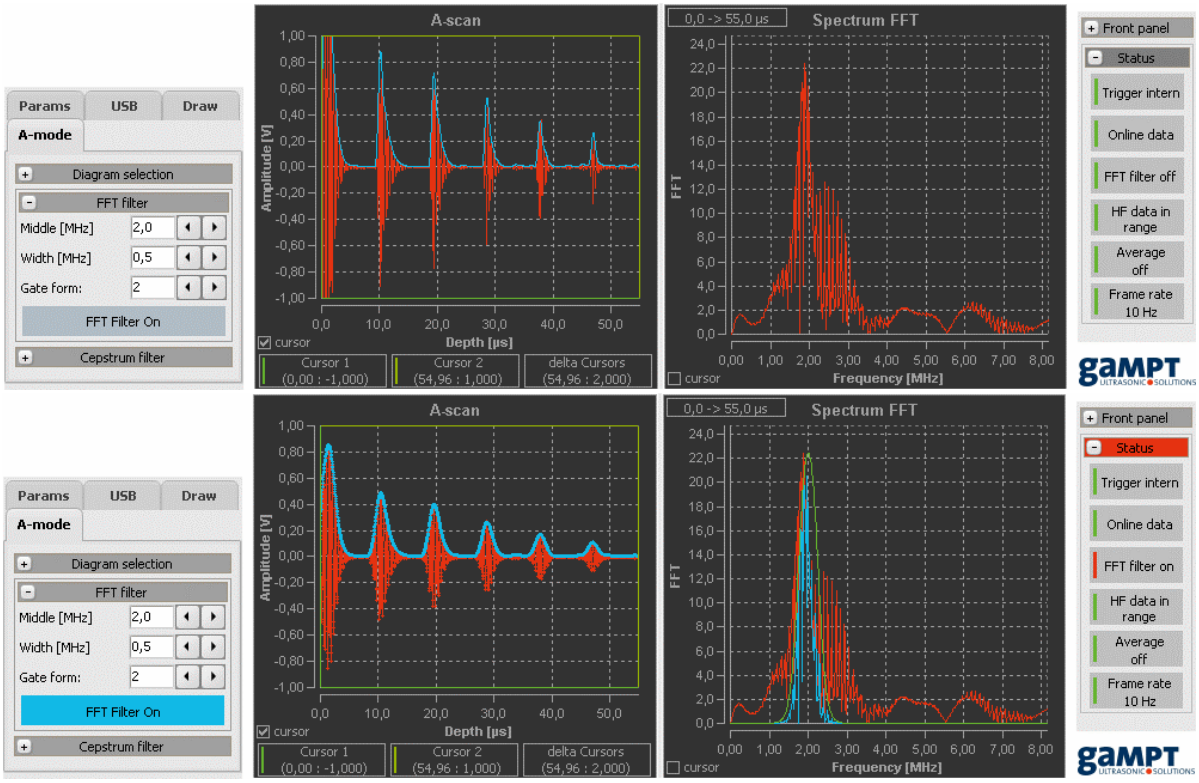


Abb. 43: Messung mit 2-MHz-Sonde oben ohne und unten mit Bandpassfilter.

Das gefilterte Frequenzspektrum wird mit einer inversen FFT zurückgerechnet. Im A-Scan-Diagramm werden nun gefilterte Messdaten angezeigt.

Wurde mit den vertikalen Messlinien der Messcursor der Bereich des Ultraschallsignals eingeschränkt, über den das Frequenzspektrum berechnet wird, dann wirkt auch der Frequenzfilter nur auf die Daten dieses Signalbereichs (Abb. 44).

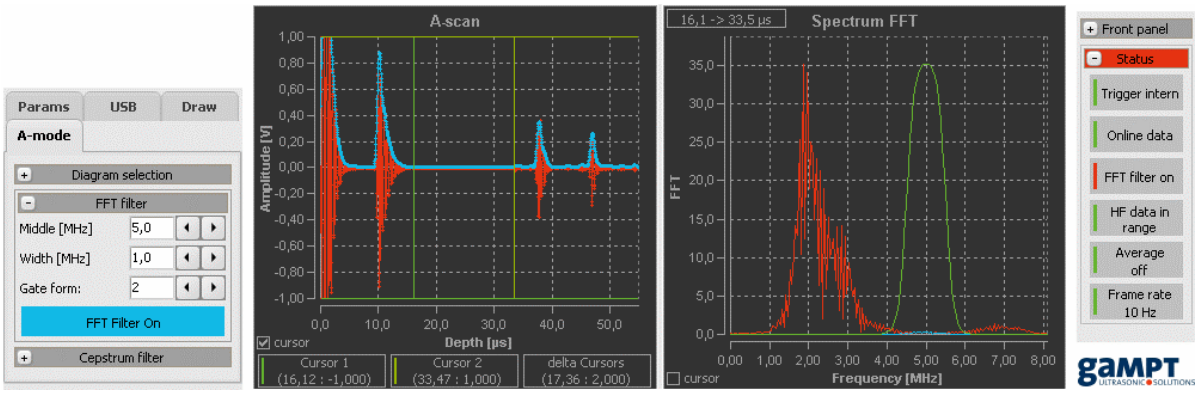


Abb. 44: Bandpass-Filter angewendet auf ein Frequenzspektrum, dass nur für einen Teil des Messsignals berechnet wurde.

Der eingeschaltete Frequenzfilter ist nicht nur im A-mode *sondern ebenso im* B-, M- *und* CT-mode *des Programms aktiv. Er wird vor allen anderen Auswertungen auf die vom Echoskop übertragenen Messdaten angewendet, so dass alle weiteren Auswerteschritte der bildgebenden Verfahren (*A, B, M, CT*) mit gefilterten Messdaten arbeiten.*
Bei ungünstigen Filtereinstellungen kann es daher vorkommen, dass die erzeugten Ultraschallbilder mehr oder weniger stark Artefakte aufweisen oder einfach nicht auswertbar sind (Abb. 44).

Der Frequenzfilter kann nur im A-mode *ein- und ausgeschaltet werden. Durch die Anzeige des Filterstatus im Infofeld, kann auch in den anderen Programmmodi jederzeit geprüft werden, ob der Frequenzfilter aktiv ist. Statusinfo:* | FFT filter on.

5.3.5.4 Cepstrum und Cepstrumfilter

Cepstrum

Das **Cepstrum**-Diagramm ist eine weitere Möglichkeit der spektralen Auswertung im **A-mode** des Programms. Das Cepstrum wird im Allgemein durch erneute Anwendung einer Fast-Fourier-Transformation, diesmal auf das oben beschriebene Frequenzspektrum, bestimmt. Die Bezeichnung ***Ceps***trum ist aus dem Begriff ***Spec***trum abgeleitet, wobei die ersten vier Buchstaben in umgekehrter Reihenfolge angeordnet sind.

Durch die Cepstrum-Analyse erhält man Informationen, ob sich bestimmte Abstände im Frequenzspektrum wiederholen (diese werden als Peaks im Cepstrum sichtbar). Solche Informationen können z. B. bei der Auswertung von Mehrfachechos an dünnen Schichten sehr hilfreich sein (Abb. 45).

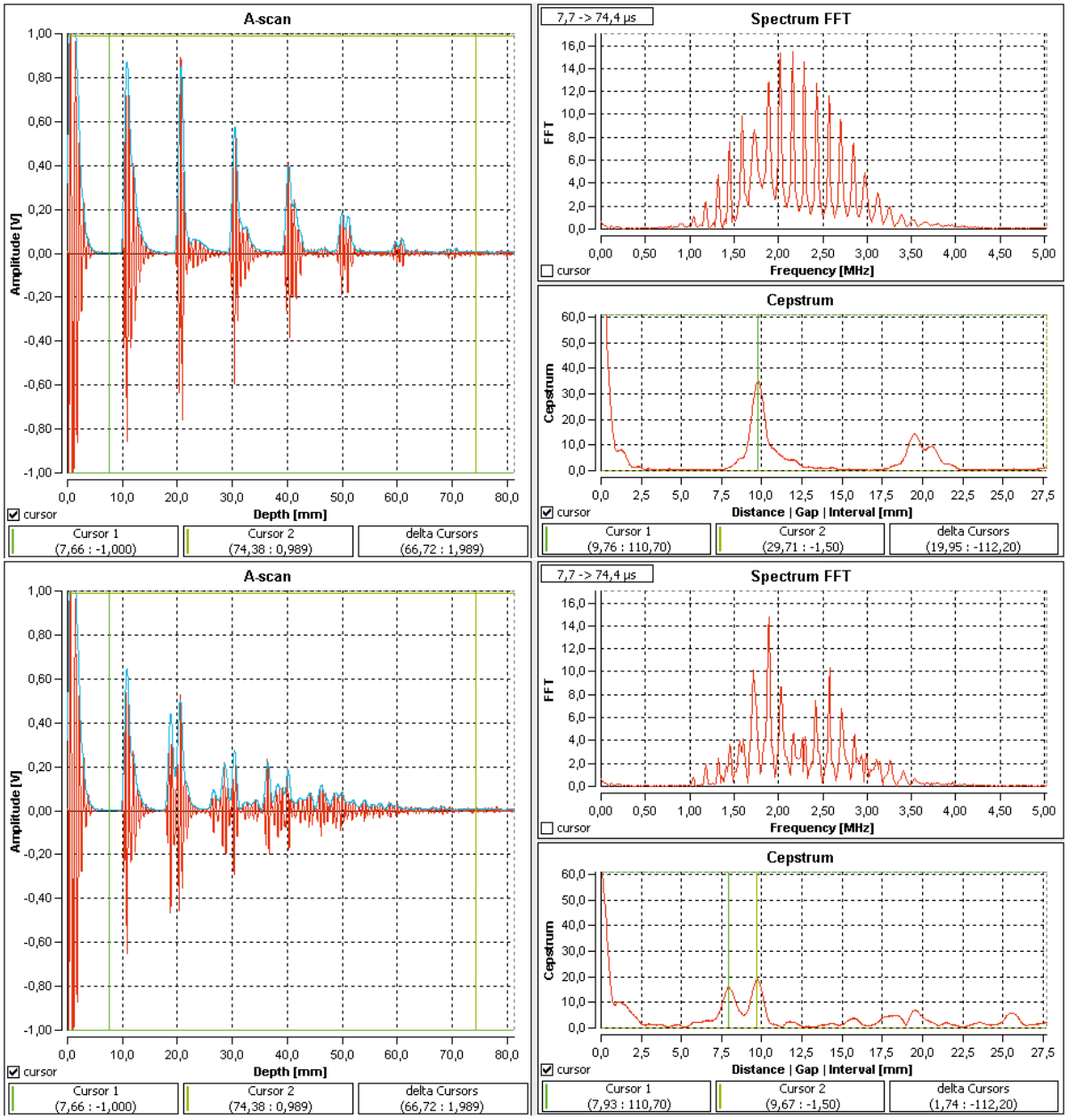


Abb. 45: Amplitudenscan, Frequenzspektrum und Cepstrum am Beispiel dünner Acrylplatten (oben: eine Platte mit 9,7 mm Dicke; unten: zwei Platten mit 7,9 mm und 9,7 mm Dicke).

Die Dimension der unabhängigen Variablen des Cepstrums ist identisch mit der Dimension der unabhängigen Variablen der Ausgangsfunktion, aus der das Spektrum abgeleitet wurde. Abhängig von der eingestellten Einheit für das A-Scan-Diagramm (µs oder mm; siehe Abb. 29 auf Seite 29) können im Cepstrum somit Laufzeiten z. B. in einer dünnen Schicht oder direkt die Dicke einer solchen Schicht abgelesen werden.

Cepstrumfilter

Über das Cepstrum kann ein Cepstrumfilter gelegt werden. Dieser berechnet eine Rücktransformation der Cepstrum-Daten, die im Diagramm **Spektrum FFT** in der Standardeinstellung des Programms als hellblaue Linie angezeigt werden (z. B. zur Glättung des Frequenzspektrums).

Der Cepstrumfilter kann über den Schalter **Cepstrum filter on** im Register **A-mode** ein- und ausgeschaltet werden (Abb. 46). Die Filterparameter *Middle*, *Width* und *Gate form* werden wie für den oben beschriebenen Frequenzfilter eingestellt.

Bei eingeschaltetem Filter werden im Cepstrum-Diagramm auch die Filterkurve und das gefilterte Cepstrum angezeigt.

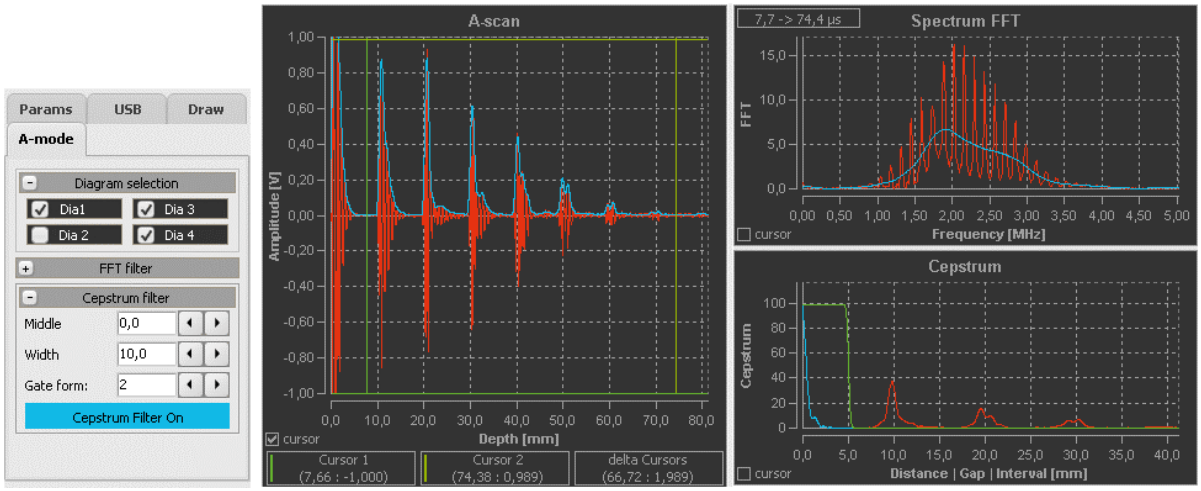


Abb. 46: Eingeschalteter Cepstrumfilter

Im Gegensatz zum Frequenzfilter hat der Cepstrumfilter keinen Einfluss auf die Messdaten der Ultraschallscans.

5.3.6 B-mode

Der **B-mode** des Programms GS-EchoView erlaubt es, mit den Ein-Element-Wandlern handgeführte B(rightness)-Bilder aufzunehmen. Die Abbildung unten zeigt einen solchen B-Scan an einem Acryl-Testblock (GAMPT 10201).

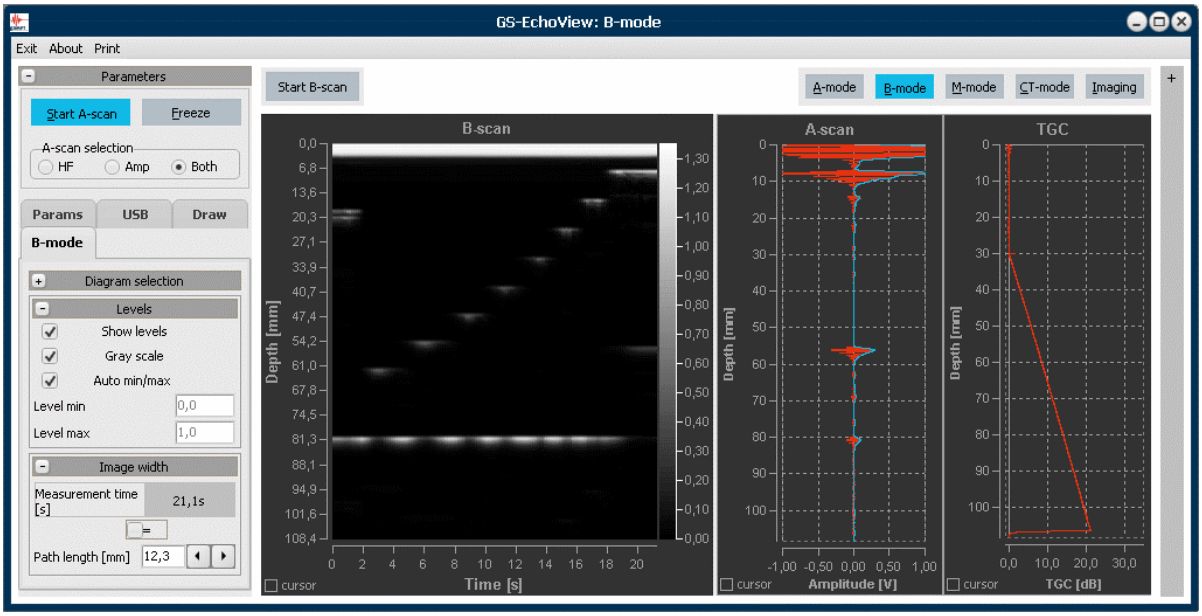


Abb. 47: Programmansicht im B-mode-Betrieb

Für die Auswertung stehen drei Diagramme zur Verfügung: **B-scan** (Dia 1), **A-scan** (Dia 2) und **TGC** (Dia 3). A-scan- und TGC-Diagramm sind in ihrer Ausrichtung an das B-scan-Diagramm angepasst. Dadurch kann die Entstehung eines B-Bildes durch Aneinanderreihung von grauwert- oder farbwertkodierten Amplitudenscans unmittelbar nachvollzogen werden.

Der eigentliche Start der Aufnahme eines B-Bildes (B-Bild-Messung) erfolgt mit Hilfe des Schalters **Start B-scan**. Anschließend wird der Ultraschallwandler von Hand gleichmäßig entlang der gewünschten Schnittlinie über die Oberfläche des Testobjektes gezogen. Beendet wird die Messung durch erneutes Betätigen des Schalters, der während der B-Bild-Messung mit **Stop B-scan** beschriftet ist.

Nach dem Beenden der B-Bild-Messung können die Messcursor und die Werkzeuge der Diagrammtoolbar zur Auswertung des B-Bildes verwendet werden.

Während einer B-Bild-Messung sind alle anderen Schalter, die Diagrammtools und die Messcursor deaktiviert.
Befand sich das Programm beim Starten der Messung noch im Stand-by-Betrieb, wird es automatisch in den Messbetrieb versetzt. Nach dem Beenden der Messung verbleibt das Programm im Messbetrieb, d. h., es werden weiterhin Amplitudenscans durchgeführt.

Kodierung der Amplitudenscans

Durch die Kodierung werden die Amplitudenscans in Linienscans überführt, wobei jedem Messpunkt eines Scans ein Grau- bzw. Farbwert entsprechend seiner Amplitude zugeordnet wird. Die Normierung und Skalierung der Grau- bzw. Farbwerte kann automatisch erfolgen oder manuell vorgegeben werden. Hierfür ist im Register **B-mode** die Gruppe **Levels** vorgesehen.

- *Show levels*: Anzeige der Grauwert- bzw. Farbwertskalierung rechts neben dem B-Bild.
- *Gray scale*: Umschaltung zwischen Grauwert- und Farbwertkodierung.
- *Auto min/max*: Automatische oder manuelle (*Level min/max*) Normierung der Skalierung.

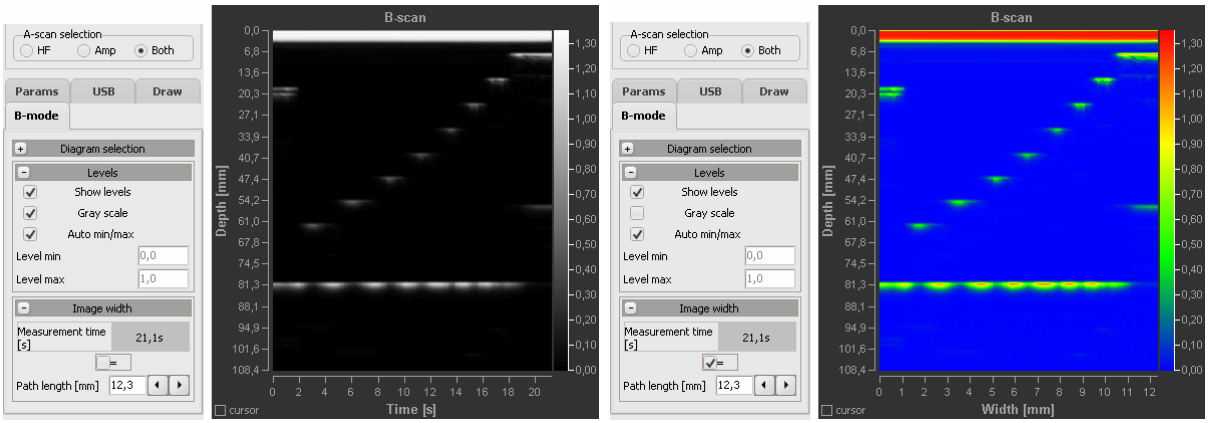


Abb. 48: Grauwert/Farbwert-Kodierung und Zuordnung von Zeit/Orts-Koordinaten einer B-Bild-Messung.

Zeit/Orts-Koordinaten eines B-Scans

y-Achse: Auf der y-Achse des B-Bildes kann die Laufzeit oder die Tiefe dargestellt werden. Die Auswahl erfolgt wieder durch Setzen der Diagramm-Einheit (µs oder mm) für den A-Scan im Register **Params**. Für die richtige Umrechnung von Laufzeit und Tiefe muss dort natürlich auch die korrekte Schallgeschwindigkeit des durchschallten Mediums eingeben werden.

x-Achse: Bei einer B-Bild-Messung wird die Dauer der Messung festgehalten und in der Gruppe *Image width* im Register **B-mode** angezeigt. Ist die Länge der Schnittlinie des B-Scans, über die der Ultraschallwandler bewegt wurde, bekannt, können den gemessenen Zeiten Ortskoordinaten zugeordnet werden. Dazu ist der Weg (*Path length*) anzugeben und die Checkbox neben dem Ist-gleich-Zeichen (=) zu aktivieren. Dadurch werden die Zeiten auf der x-Achse in Wege bzw. Abstände umgerechnet (siehe Abb. 48 links Zeit- und rechts Ortskoordinaten).

Voraussetzung für die Zuordnung der Zeit- zu Ortskoordinaten ist, dass der Scan mit gleichmäßiger Geschwindigkeit geführt wird. Zum anderen müssen Start- und Stoppzeit zur Wegstrecke passen. Bei Auswertungen mit Hilfe der Messcursor kann es zu geringen Abweichungen kommen.

Auswahl des zu kodierenden Messsignals

Im Allgemeinen werden B-Bilder durch Kodierung des Amplitudensignals, d. h. der Einhüllenden des eigentlichen Ultraschallsignals, erzeugt. Im Programm erfolgt dies, wenn für das A-Scan-Diagramm die *Amp*- oder *Both*-Ansicht eingestellt ist. In die *HF*-Ansicht dagegen wird das gemessene Ultraschallsignal kodiert. Dies führt zu Ultraschallbildern, wie sie z. B. für TOFD-Messungen aus der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung bekannt sind (siehe Abbildung unten).

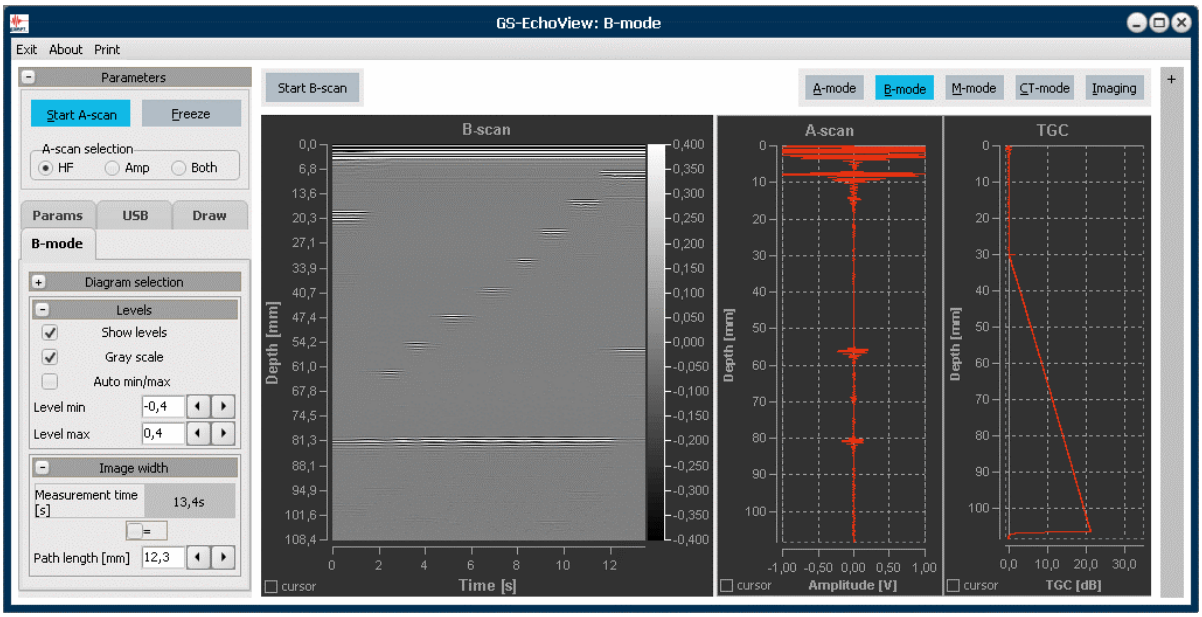


Abb. 49: Grauwertkodierung des HF(Ultraschall)-Signals

5.3.7 M-mode

Im **M-mode** des Programms GS-EchoView können Ultraschallmessungen nach dem TM(Time-Motion)-Verfahren durchgeführt werden. Darstellung und Funktionsweise sind ähnlich dem **B-mode** des Programms (siehe Kapitel **5.3.6** ab Seite 50). Die Abbildung 50 zeigt eine solche TM-Messung am Beispiel unseres Herzmodells (GAMPT 10220).

Wie bei einem B-Bild werden die Amplituden der Ultraschallsignalechos eines A-Scans auf der y-Achse des TM-Bildes in Grau- oder Farbenwerten abgebildet. Die bei einer hohen *PRF* zeitlich versetzten Echos werden nebeneinander auf einer horizontalen Zeitachse dargestellt. Im Unterschied zum B-Bild-Verfahren wird der Ultraschallwandler während der Messung nicht bewegt. Außerdem werden im TM-Bild immer nur die letzten Ultraschallechos eines festlegbaren Zeitfensters angezeigt. Auf diese Weise wird ein von rechts nach links durchlaufendes Kurvenbild erzeugt, das die zeitliche Bewegung der untersuchten Struktur wiedergibt.

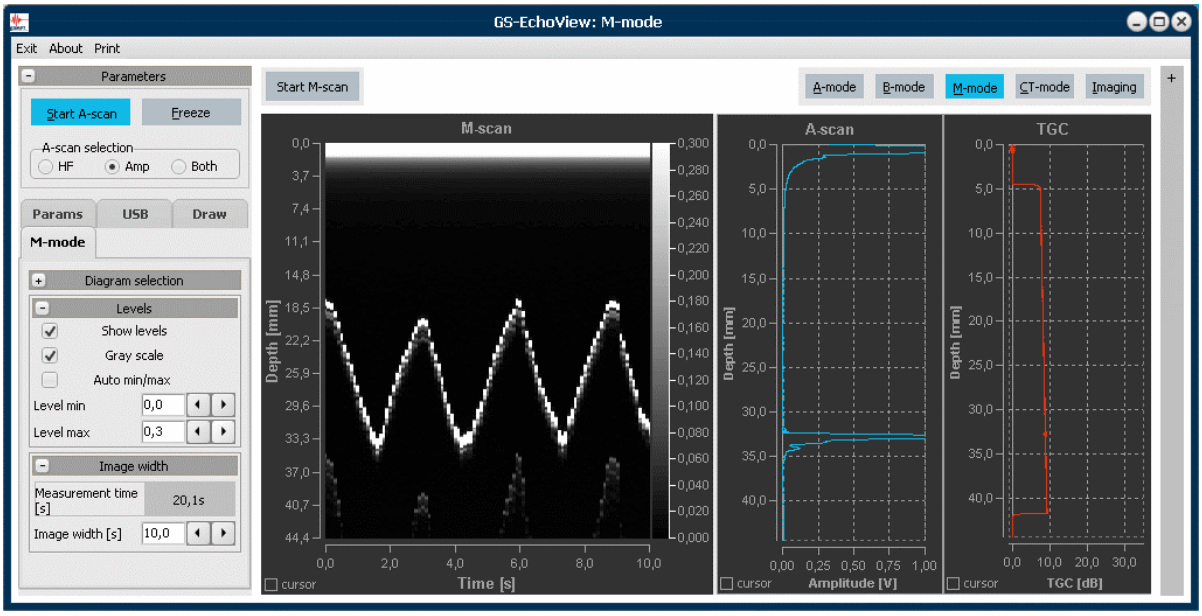


Abb. 50: Programmansicht im M-mode-Betrieb

Der eigentliche Start der Aufnahme eines TM-Bildes erfolgt mit Hilfe des Schalters **Start M-scan**. Beendet wird die Messung durch erneutes betätigen des Schalters, der während des TM-Scans mit **Stop M-scan** beschriftet ist.

Nach dem Beenden des TM-Scans können die Messcursor und die Werkzeuge der Diagrammtoolbar zur Auswertung des B-Bildes verwendet werden.

Während einer TM-Messung sind alle anderen Schalter, die Diagrammtools und die Messcursor deaktiviert.
Befand sich das Programm beim Starten der Messung noch im Stand-by-Betrieb, wird es automatisch in den Messbetrieb versetzt. Nach dem Beenden der Messung verbleibt das Programm im Messbetrieb, d. h., es werden weiterhin Amplitudenscans durchgeführt.

Zeitfenster eines M-Scans

Während das B-Bild aus allen Amplitudenscans der Messung besteht, wird das TM-Bild immer nur aus einer bestimmten Anzahl an Amplitudenscans aufgebaut. Die Größe des abgebildeten Zeitfensters der TM-Messung wird im Register **M-mode** über den Parameter *Image width* eingestellt. Ein Wert von z. B. 10 s bedeutet, dass sich das TM-Bild aus den Amplitudenscans der letzten 10 Sekunden zusammensetzt. Dadurch können Bewegungen einer untersuchten Struktur und deren Änderungen optimal und zeitnah über einen längeren Zeitraum verfolgt werden.

Die zeitliche Auflösung des TM-Bildes ist von dem eingestellten PRF-*Wert abhängig und wird hauptsächlich durch die maximal erreichbare* Frame rate *des Programms begrenzt.*

5.3.8 CT-mode

Dieses Kapitel ist sicher auch für Anwender interessant, die keinen CT-Scanner haben. Allerdings können die hier beschriebenen Messungen nur mit einem CT-Scanner (GAMPT 60200) und der entsprechenden Steuereinheit (GAMPT 60210) durchgeführt werden (siehe Kapitel **6.1 CT-Equipment***).*
Im Simulationsmodus funktioniert das CT-Programm auch ohne angeschlossene Hardware.

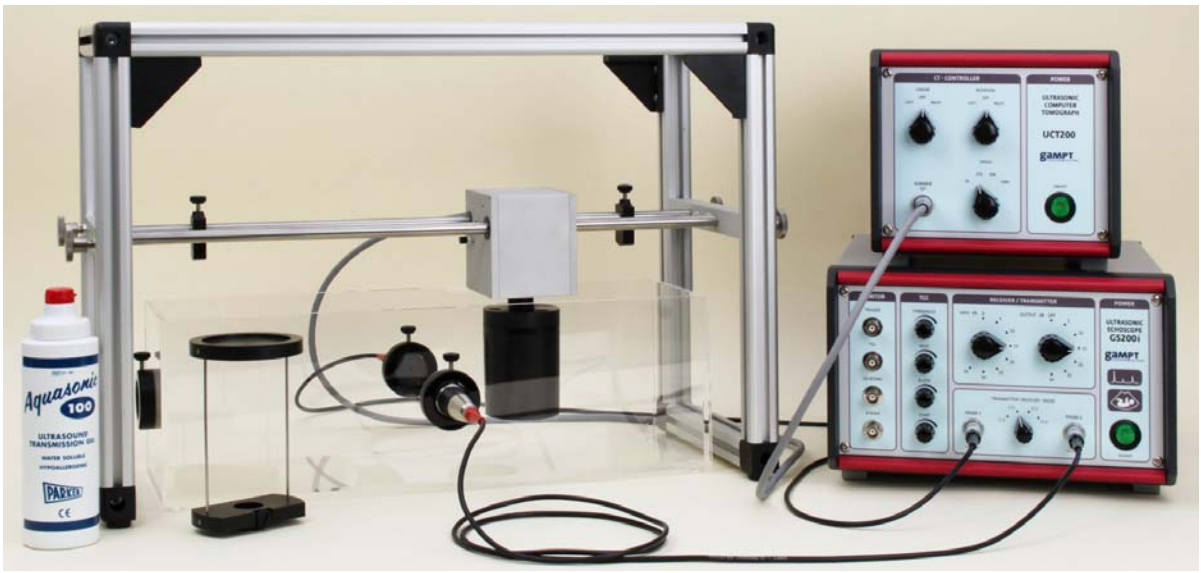


Abb. 51: Echoskop mit CT-Equipment

5.3.8.1 Ultraschall-Computertomografie

Röntgen-CT, MRT und PET sind computergestützte, bildgebende Verfahren, die in der Medizin, der Industrie und der Forschung Anwendung finden. Prozesse wie Strahlungsabsorption, Kernspinresonanz oder Teilchenemission werden genutzt, um mittels entsprechend messbarer physikalischer Größen Schnittbilder zu erzeugen.

Die Ultraschall-Computertomografie ist ein weiteres CT-Verfahren. Sie unterscheidet sich von der Röntgen-CT dadurch, dass anstelle der Dämpfung von Röntgenstrahlen die Schwächung von Ultraschallsignalen im Untersuchungsobjekt gemessen wird. Dagegen sind die Auswertealgorithmen identisch und selbst entstehende Artefakte sind miteinander vergleichbar. Ferner kann beim US-CT als weitere Größe die Laufzeit bzw. Geschwindigkeit des Ultraschallsignals zwischen Sender und Empfänger gemessen. Durch die Auswertung mehrerer gleichzeitig gemessener Parameter, kann die US-Computertomographie zusätzliche Informationen über ein Untersuchungsobjekt liefern.

Unterschiede Röntgen-CT – GAMPT-Ultraschall-CT

Beim Röntgen-CT (Abb. 52 oben) strahlt ein Sender durch das Objekt. Die vom Objekt geschwächten (gedämpften) Röntgenstrahlen werden von einem Empfänger an mehreren Stellen gleichzeitig registriert. Jetzt dreht sich das Sender-Empfänger-System um das Untersuchungsobjekt und startet einen neuen Scan. Dies wird sooft wiederholt, bis alle erforderlichen Winkel erreicht wurden sind.

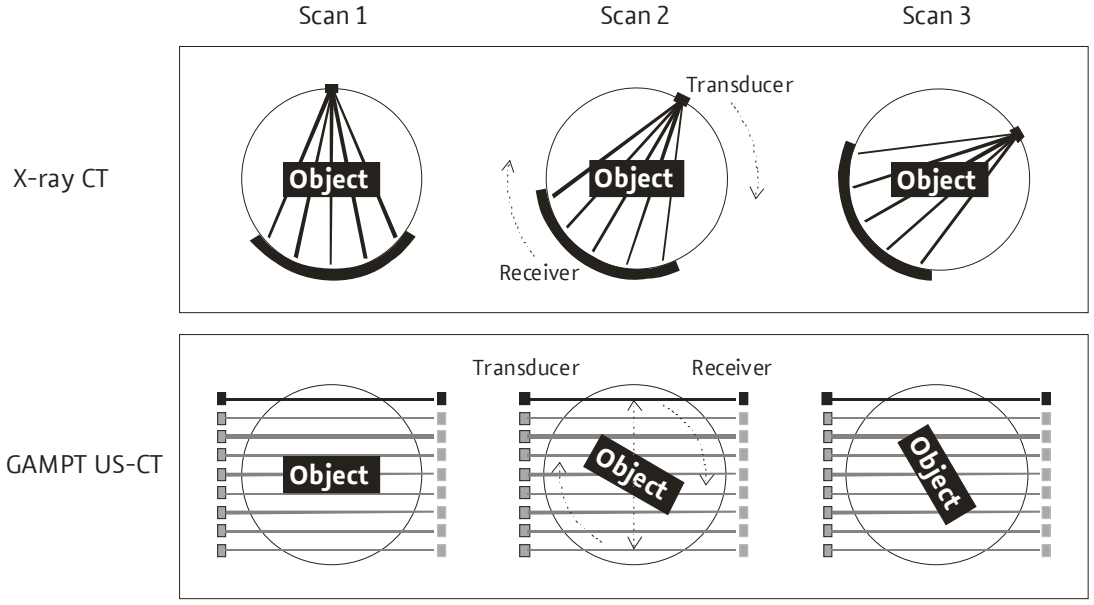


Abb. 52: Vergleich Röntgen-CT – GAMPT-Ultraschall-CT

Bei unserem Ultraschall-CT (Abb. 52 unten) sind Sender und Empfänger ortsfest. Die gedämpfte Intensität und die Laufzeit werden jeweils nur an einem Ort messen. Deswegen werden für jeden Winkel die Dämpfungswerte des Objekts und die Schalllaufzeiten an mehreren Positionen nacheinander gemessen. Dazu wird das Untersuchungsobjekt zwischen Sender und Empfänger hin- und hergefahren. Der Abstand dieser Messpunkte ergibt die Genauigkeit, die Summe aller dieser Abstände den Scanweg. Nach einem solchen Scan wird in unserem System statt des Sender-Empfänger-Systems das Untersuchungsobjekt gedreht und der nächste Scan gestartet.

5.3.8.2 Register CT-mode

Wie in den anderen Programmmodi existiert auch hier ein gesondertes Register, das die für den Modus spezifischen Parameter und Funktionen zusammengefasst.

Diagram selection

Für die Auswertung stehen im **CT-mode** bis zu 9 Diagramme zur Verfügung:

- **A-scan** (Dia 11): Ultraschallsignal der Transmissionsmessung

- **TGC** (Dia 12): laufzeitabhängige Verstärkung
- **Attenuation / Sound velocity** (Dia 13): Messkurven der gemessenen Schallschwächung bzw. Schallgeschwindigkeit über die Breite eines CT-Scans bei gleichbleibender Winkeleinstellung. Die Messwerte werden relativ im Vergleich zum ersten Messpunkt bestimmt.
- **last scan amplitude / velocity** (Dias 21 und 31): Farbwertkodierte Bilder des jeweils zuletzt durchgeführten Scans. Die Bilder werden jeweils erst nach dem Abschluss eines Scans aktualisiert.
- **amplitude / velocity unfiltered** (Dias 22 und 32): Ungefilterte CT-Schnittbilder, die sich durch die Überlagerung aller abgelaufenen Scans der Messung ergeben. Die Bilder werden nach jedem Scan aktualisiert, so dass die Bildentstehung schrittweise mitverfolgt werden kann.
- **amplitude / velocity filtered Shep-Logan** (Dias 23 und 33): CT-Schnittbilder analog der Dias 22 und 32 jedoch unter Anwendung des Shep-Logan-Filters, der eine Hervorhebung der Konturen bewirken soll.

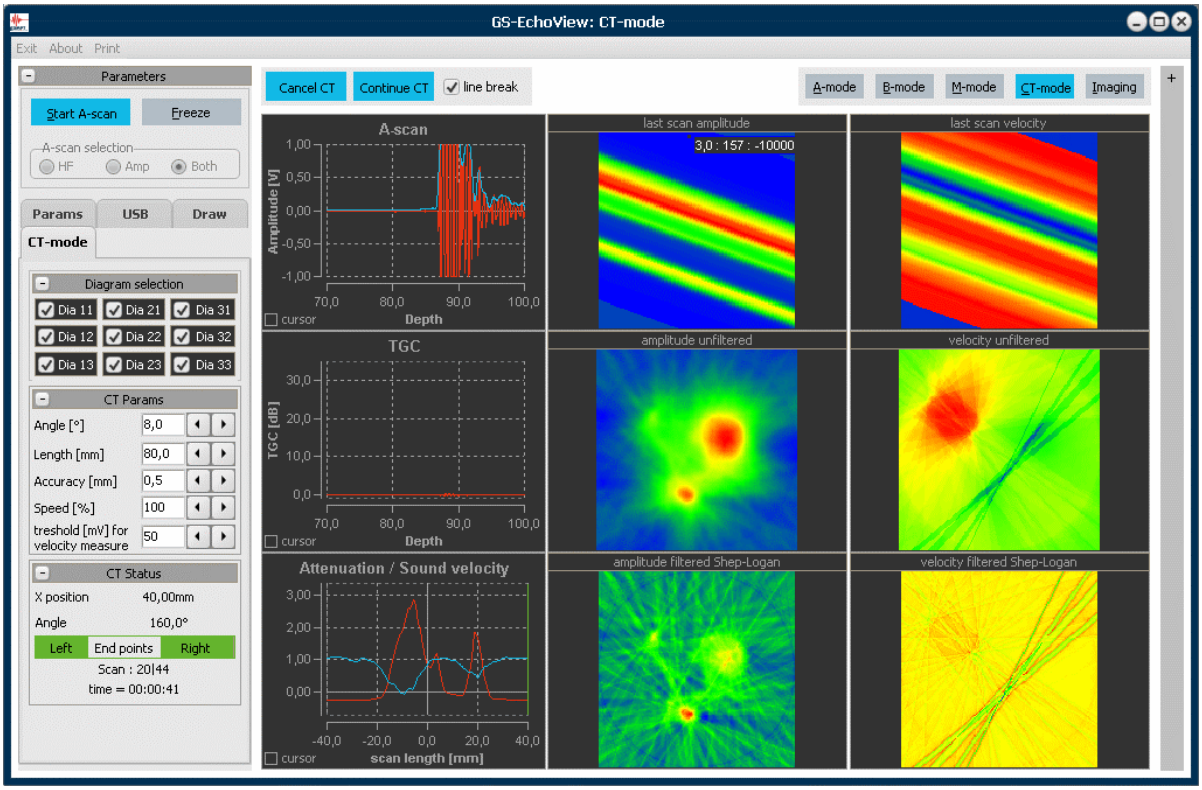


Abb. 53: Programmansicht im CT-mode-Betrieb

CT parameters

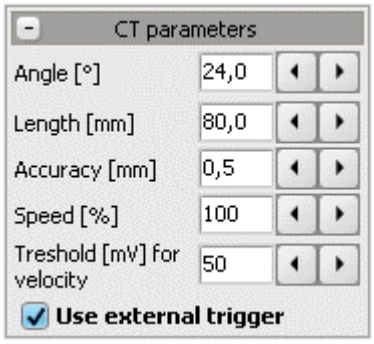


Abb. 54: Scanner-Parameter für eine CT-Messung

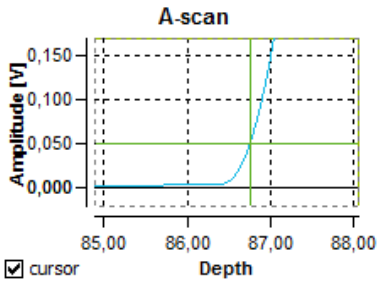


Abb. 55: Laufzeitbestimmung mittels Schwellenwert

Angle: Bestimmt den Winkel (in Grad), um den die Probe (d. h. der Magnetteller am Motorschlitten des CT-Scanners) nach jedem Scan gedreht wird. Eine CT-Messung dauert solange, bis sich die Probe insgesamt um 360° gedreht hat. Damit bestimmt der Winkel die Anzahl der Scans einer CT-Messung.

Length: Bestimmt die Breite des gewünschten Schnittbildes einer CT-Messung, d. h., den Weg in Millimeter den der Motorschlitten hin- und herfährt. Der Wert sollte so gewählt werden, dass das Untersuchungsobjekt vollständig gescannt wird.

Accuracy: Bestimmt die Auflösung eines Scans in Millimeter, d. h., den Abstand zwischen zwei Messpunkten eines Scans. Der Quotient aus *Length* und *Accuracy* ergibt die Anzahl der Messpunkte je Scan.

Speed: Relative Geschwindigkeit des Motorschlittens.

Threshold for velocity: Bestimmt den Schwellenwert der Amplitude des A-Scans in Millivolt, bei dessen Erreichen die Laufzeit/Geschwindigkeit bestimmt wird (Abb. 55).

Use external trigger: Bestimmt die Triggerart (extern/intern) des Echoskops während der CT-Scans. Bei gesetzter Checkbox erfolgt eine externe Triggerung durch die CT-Steuerung.

CT moving

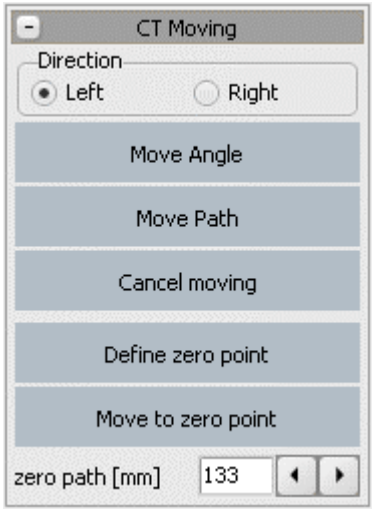


Abb. 56: Bedienfunktionen für den CT-Scanner

Mit den Funktionsschaltern **Move Angle** und **Move Path** kann der Motorschlitten des CT-Scanners positioniert und der Magnetteller am Schlitten gedreht werden. Dabei bewegt sich der Schlitten über den in der Gruppe **CT parameters** unter dem Parameter *Length* angegebenen Weg. Analog dreht sich der Magnetteller um den dort angegebenen Winkel. Mit **Cancel moving** kann die Bewegung oder Drehung jederzeit beendet werden.

Mit dem Schalter **Define zero point** kann der Abstand zwischen der aktuellen Schlittenposition und dem rechten Anschlag (**zero path**) in Millimetern durch Anfahren des Anschlags bestimmt und als Nullpunkt definiert werden. Danach kann diese Schlittenposition und jede andere zwischen den Anschlägen mit dem Schalter **Move to zero point** definiert angefahren werden.

CT status

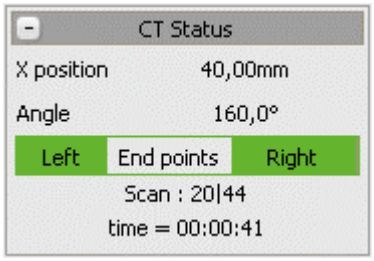


Abb. 57: Statusinformationen zum Scanner und zur Messung

Der Übersichtlichkeit halber wurden Statusinformationen, die speziell den CT-Scanner und Messung mit diesem betreffen, in das Register **CT-mode** aufgenommen.

Während der Bedienung des CT-Scanners oder während einer Messung sind hier immer aktuelle Werte zur Position des Motorschlittens und zur Winkelposition des Magnettellers oder zu Verlauf der Messung (Nummer des aktuellen Scans, Dauer der Messung) zu finden.

Ferner wird der aktuelle Status der Endlagenschalter des CT-Scanners angezeigt (siehe Kapitel **6.1.2**):

- **grün**: Endlagenschalter ist frei (AUS).
- **rot**: Endlagenschalter am Anschlag (EIN).

5.3.8.3 Interne und externe Triggerung von CT-Scans

Die Synchronisation der mechanischen Bewegung des CT-Scanner mit der Erzeugung von Ultraschallimpulsen zur Bestimmung der Schallschwächung und Laufzeit/Geschwindigkeit eines Transmissionspulses während eins CT-Scans sowie die Datenerfassung und Auswertung erfolgen abhängig von der gewählten Triggerart auf unterschiedliche Art und Weise.

	Interne Triggerung	**Externe Triggerung**
Mechanische Bewegung:	Schrittweise. Der CT-Scanner fährt jeden einzelnen Messpunkt des CT-Scans an und stoppt.	Kontinuierlich. Der CT-Scanner fährt die Strecke des CT-Scans mit gleichmäßiger Geschwindigkeit ab.
Triggerquelle:	Messsoftware GS-EchoView	CT-Steuerung
Triggerung:	Sobald der CT-Scanner einen Messpunkt angefahren und gestoppt hat, triggert die Messsoftware die Transmissionsmessung.	Nach jedem gefahrenen Streckenabschnitt, der dem Paramater *Accuracy* entspricht, sendet die CT-Steuerung das Triggersignal für die Transmissionsmessung.
Datenerfassung und Datenverarbeitung:	Die Messdaten der Transmissionsmessungen werden von der Messsoftware abgerufen. Die Schallschwächung und die Schalllaufzeit bzw. Schallgeschwindigkeit werden für jeden Messpunkt eines CT-Scans sofort bestimmt.	Die Messdaten der Transmissionsmessungen werden von der Messsoftware abgerufen und zwischengespeichert. Die Auswertung der Transmissionsmessungen erfolgt erst nach dem Abschluss der jeweiligen CT-Scans.

	Interne Triggerung	**Externe Triggerung**
Aktualisierung der Diagramme:	*A-scan (Dia 11)*: Messlinien der Cursor werden entsprechend dem Messwerten für die Signalamplitude (Schallschwächung) und Laufzeit (Schallgeschwindigkeit) über dem A-Scan-Signal platziert. *Attenuation / Sound velocity (Dia 13)*: Messkurven der Schallschwächung und Schallgeschwindigkeit werden während des CT-Scans laufend aktualisiert. *Tomogramme*: Die CT-Bilder werden nach jedem Durchlauf (CT-Scan) aktualisiert.	*A-scan (Dia 11)*: Es werden nur die A-Scans aktualisiert. Es erfolgt keine Kennzeichnung der Messwerte durch die Messcursor. *Attenuation / Sound velocity (Dia 13)*: Die Messpunkte bzw. Messkurven für Schallschwächung und Schallgeschwindigkeit für einen Durchlauf (CT-Scan) werden erst nach dessen Abschluss berechnet und dargestellt. *Tomogramme*: Die CT-Bilder werden nach jedem Durchlauf (CT-Scan) aktualisiert.

5.3.8.4 Ablauf einer CT-Messung

Schritt 1: Sicherstellen der Verbindung zur CT-Steuerung

Zunächst sollte geprüft werden, dass neben der Verbindung zum GS200/GS200i auch die Kommunikation mit der CT-Steuerung funktioniert (Kapitel **5.3.3.2 Register USB**).

Achten Sie darauf, dass die CT-Steuerung in den **Online***-Modus geschaltet ist und dass die Checkbox* **Use scanner** *aktiviert ist.*

Schritt 2: Einstellen der Mess- und CT-Parameter

Nun werden im Register **Params** die allgemeinen Messparameter und an der Vorderseite des GS200/GS200i der Sendepegel, die Empfangsverstärkung und der Messmodus (Transmission T1-R2 oder T2R-1) eingestellt.

Die Amplitude des Transmissionssignals zeigt bei 0 µs im A-Scan ein Überschwingen, das im Allgemeinen größer ist als der gesetzte Schwellenwert für die Laufzeit- bzw. Geschwindigkeitsbestimmung. Wählen Sie als Startpunkt für den Messbereich einen Wert, der kurz vor dem Transmissionspuls liegt.

Es sei darauf hingewiesen, dass es zwar möglich ist, bei den CT-Messungen mit aktivierter TGC zu arbeiten, dass dadurch aber nicht vorhersehbare Ergebnisse entstehen können. Der verwendete CT-Algorithmus ist nicht in der Lage unterschiedliche Verstärkungen während einer Messung auszugleichen. Es wird daher empfohlen, die TGC während einer CT-Messung zu deaktivieren oder die TGC so einzustellen, dass sie über den gesamten eingestellten Messbereich eine konstante Verstärkung bewirkt (TGC im Maximum).

Zuletzt werden die auf Seite 58 beschrieben CT-Parameter eingestellt.

Schritt 3: Durchführen der eigentlichen Messung

Nun kann die CT-Messung über den Schalter **Start CT** gestartet werden. Ist die Checkbox *line break* gesetzt, unterbricht das Programm die CT-Messung automatisch nach jeden Scandurchgang.

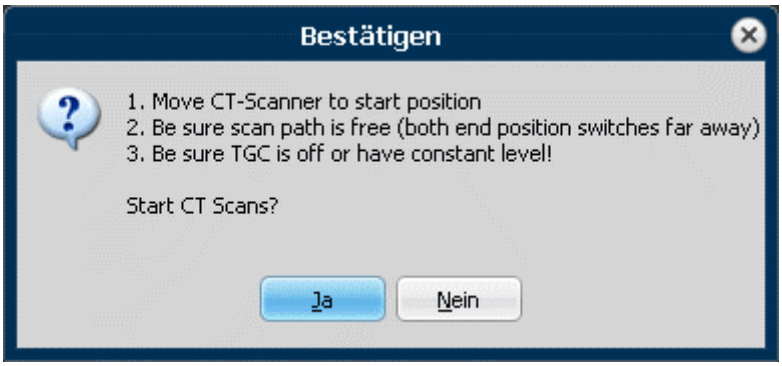

Bestätigen
1. Move CT-Scanner to start position
2. Be sure scan path is free (both end position switches far away)
3. Be sure TGC is off or have constant level!
Start CT Scans?
Ja
Nein

Abb. 58: „Checkliste" zum Start der CT-Messung.

Unmittelbar nach dem Start der CT-Messung fordert das Programm den Anwender dazu auf:

1. die CT-Probe (d. h. den Motorschlitten) mit Hilfe der Schalter an der Frontseite der CT-Steuerung mittig zwischen den beiden Ultraschallwandlern zu positionieren,
2. die Bewegungsfreiheit des Motorschlittens in Bezug auf die Endlagenschalter und Anschläge zu prüfen und
3. die TGC-Einstellung zu prüfen.

Nach der positiven Bestätigung der „Checkliste" in der Abb. 58 fährt der Motorschlitten im Fall der internen Triggerung um *Length*/2 in Position und startet den ersten Scan.

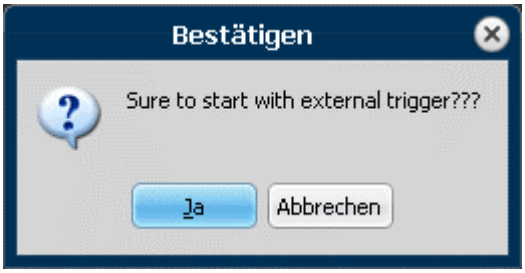
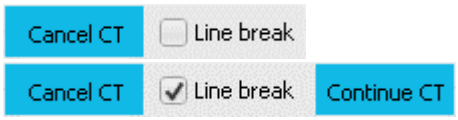


Abb. 59: Bestätigungsnachfrage für externe Triggerung.

Ist die Checkbox *Use external trigger* (siehe Seite 58) gesetzt, erfolgt vor dem Start der CT-Scans nochmals eine Abfrage, ob tatsächlich die externe Triggerung des Echoskops durch die CT-Steuerung erfolgen soll.



Mit **Continue CT** wird eine unterbrochene Messung fortgesetzt. Um eine Messung abzubrechen, ist der Schalter **Cancel CT** zu betätigen.

Während der Scans wird die jeweilige Änderung von Amplitude und Laufzeit im Vergleich zum ersten Messpunkt im Diagramm 13 links unten dargestellt. Gleichzeitig werden Position, aktueller Winkel und Dauer der Messung im Feld **CT Status** im Register **CT-mode** angezeigt.

Wurde der Scan für einen Winkel beendet, werden die gemessenen Werte in Farbwerte umgerechnet und entsprechend des Winkels in die CT-Bilder eingerechnet (beschrieben in Kapitel **5.3.8.2**). Dies wiederholt sich nach jedem Winkel, so dass man die Entstehung des Ultraschall-Tomogramms Schritt für Schritt mitverfolgen kann.

Empfohlene Parameter für die CT-Probe (GAMPT 60121):

Angle:	≤ 15 °
Length:	80 mm
Accuracy:	0,500 mm
Threshold:	50 mV

6 Zubehör

6.1 CT-Equipment

Mit Hilfe des im Folgenden aufgelisteten Equipments können neben CT-Messungen auch mechanisch geführte B-Bild-Messungen oder lineare Schallfeldscans der in Kapitel **4.5.1** beschriebenen Ultraschallwandler durchgeführt werden.

- CT-Scanner Bestell-Nr. 60200
- CT-Steuerung Bestell-Nr. 60210
- CT-Messwanne Bestell-Nr. 60120
- CT-Probe Bestell-Nr. 60121
- Hydrofonhalter Bestell-Nr. 60123
- Hydrofon Bestell-Nr. 10250

6.1.1 CT-Steuerung UCT200

Die CT-Steuerung dient als Steuerelektronik für den CT-Scanner. Das Gerät kann sowohl vom Programm GS-EchoView aus über die USB-Schnittstelle angesteuert als auch manuell mit Hilfe der Schalter an der Frontseite des Gerätes bedient werden.

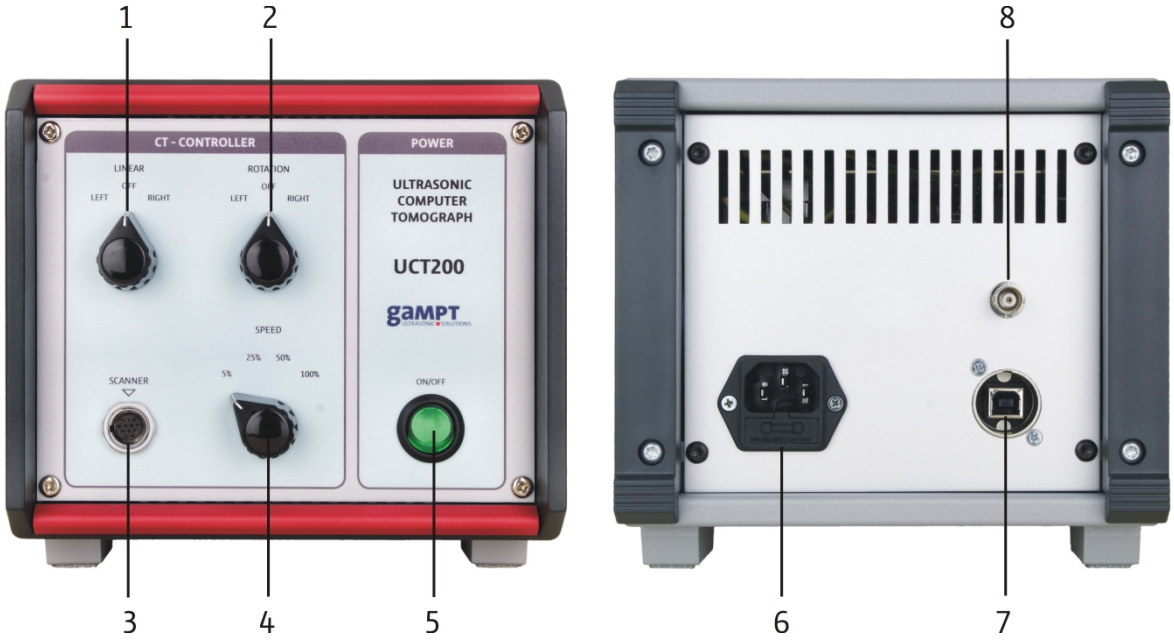


Abb. 60: Vorder- und Rückseite der CT-Steuerung

Vorderseite

(1) Schalter zum Verfahren des Motorschlittens
(2) Schalter zum Drehen des Magnettellers
(3) Anschluss für den CT-Scanner
(4) Schalter für Geschwindigkeitsauswahl
(5) Ein/Aus-Schalter

Rückseite

(6) Steckdose für Netzanschluss mit Sicherung
(7) USB-Schnittstelle
(8) Trigger-Ausgang

Sicherungswechsel

Ein Wechsel der Sicherung des Gerätes kann in derselben Weise erfolgen, wie er in Kapitel **4.4.1** auf Seite 12 für das Echoskop GS200/GS200i beschrieben wird.

6.1.2 CT-Scanner

Mit dem CT-Scanner kann ein Sensor (Ultraschallwandler, Hydrofon) oder ein Untersuchungsobjekt (CT-Probe) definiert gedreht oder auf einer linearen Achse hin- und herbewegt werden.

Der Scanner ist mit einem Schrittmotor für die Linearbewegung des Motorschlittens (4) und einem zweiten Schrittmotor zum Drehen des Magnettellers (5) versehen. Die Schrittmotoren werden über die CT-Steuerung manuell oder vom Programm GS-EchoView aus angesteuert.

Der Motorschlitten besitz zwei Endlagenschaltern zur automatischen Begrenzung des Fahrbereichs und Abschaltung des Schrittmotors (siehe Abb. 62). Die zugehörigen Anschläge (3) können frei positioniert werden.

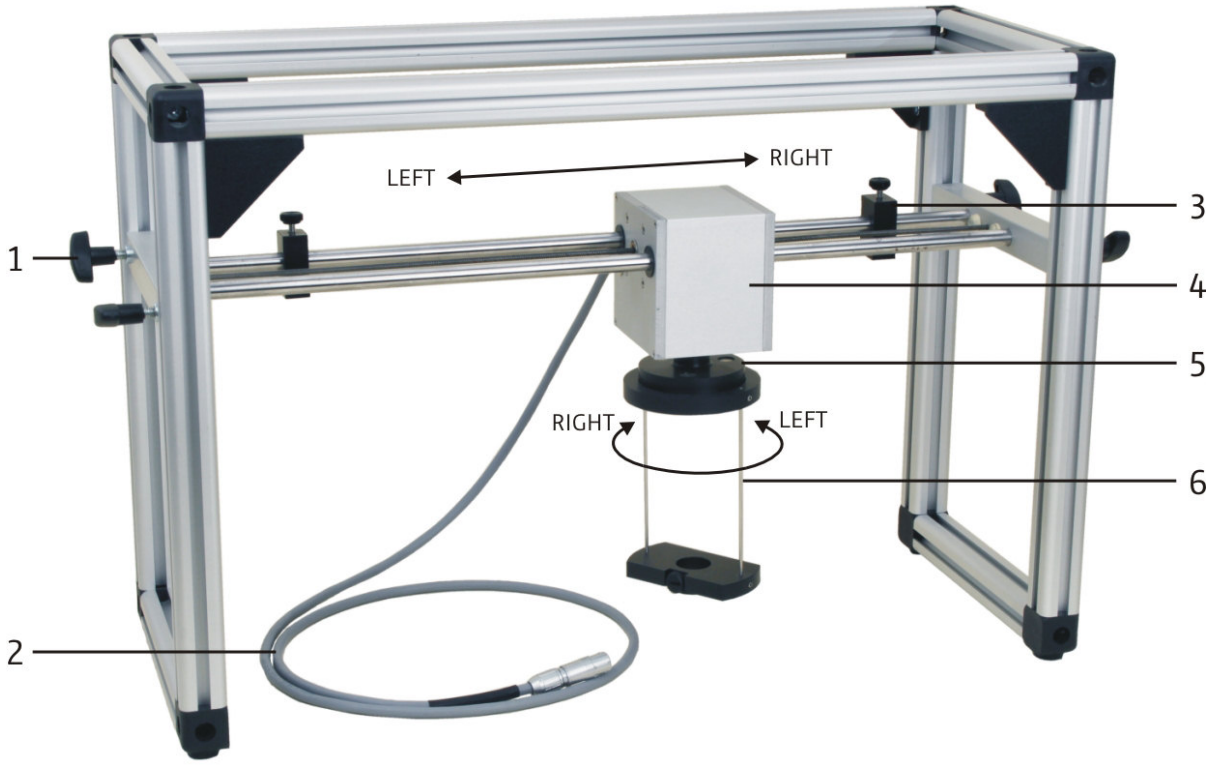


Abb. 61: CT-Scanner (Stand 12/2014)

(1)	Klemmschraube	(4)	Motorschlitten
(2)	Anschlusskabel	(5)	Magnetteller
(3)	Anschlag	(6)	Probenhalter

Abb. 62: Statusanzeige in der Software GS-EchoView und Position der Endlagenschalter: links Schalter frei (AUS) und rechts in Anschlagposition (EIN)

Die Aktualisierung der Statusanzeige der Endlagenschalter erfolgt in der Software GS-EchoView erst nach dem Stoppen des Motorschlittens. Befindet sich der Schlitten z. B. im Anschlag und wird daraufhin in die andere Richtung gefahren, um den Endlagenschalter auszuschalten, wechselt die Statusanzeige erst nach einem erneuten Stopp des Schlittens von rot auf grün.

Sollte das Verfahren des Motorschlittens in einer Richtung nicht möglich sein, obwohl der entsprechende Endlagenschalter seinen Anschlag noch nicht erreicht hat, ist als erstes immer die mechanische Funktionalität des Schalters zu prüfen.

7 Praktikumsversuche

Die folgende Liste enthält Vorschläge zu Praktikumsversuchen, welche mit dem GS200/GS200i und entsprechendem Zubehör durchgeführt werden können. Kurzbeschreibungen sowie Informationen zum benötigten Equipment, zum Aufbau oder zur Durchführung finden Sie in unserem Katalog und auf unserer Website.

Physikalische Grundlagen

PHY01 Grundlagen der Ultraschallechografie (A-Bild)
PHY02 Schallgeschwindigkeit in Festkörpern
PHY03 Schallschwächung in Festkörpern
PHY04 Schallschwächung in Flüssigkeiten
PHY05 Spektrale Untersuchungen
PHY06 Frequenzabhängigkeit des Auflösungsvermögens
PHY07 Transversalwellen in Festkörpern
PHY08 Ultraschall-B-Bild
PHY09 Ultraschall-Computertomografie
PHY10 Schallfeldcharakteristik
PHY16 Mechanische Scanverfahren
PHY20 Bestimmung der Fokuszone
PHY21 Reflexion und Transmission an Grenzflächen
PHY22 Phasensprung und Resonanzeffekte

Anwendungen in der Industrie

IND01 Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung (ZfP/NDT)
IND02 Rissprüfung mit Rayleighwellen
IND03 Füllstandsmessung
IND06 Winkelkopfprüfung
IND07 Risstiefenbestimmung (TOFD)
IND08 Fehlstellenprüfung
IND09 Transit-Time-Durchflussmessung (Ultraschall-Laufzeitverfahren)

Anwendungen in der Medizin

MED01 Ultraschall-TM-Mode (Echokardiografie)
MED02 Ultraschalluntersuchungen am Brustmodell (Mammasonografie)
MED04 Biometrie am Augenmodell

8 Technische Daten

8.1 Echoskop

Basisgerät (GS200)

Frequenzbereich:	1-5 MHz
Messbetrieb:	umschaltbar zwischen · Impuls-Echo (Reflexion) und · Durchschallung (Transmission)
Sendesignal:	Dirac-Impuls (< 1 µs, max. 300 V)
Sendeleistung:	0-30 dB (änderbar in 5-dB-Schritten)
Verstärkung:	0-35 dB (änderbar in 5-dB-Schritten)
TGC:	· Startzeit, Schwellenwert, Anstieg und Laufzeitbereich (Tiefenbereich) stufenlos einstellbar · kleinste Startzeit ca. 6 s · maximaler Laufzeitbereich ca. 150 s · maximale Verstärkung ca. 30 dB
Anschlüsse Vorderseite:	· 2 Anschlussbuchsen für Ein-Element-Ultraschallsonden (Sende- und Empfangsbetrieb frei wählbar) · BNC-Anschlüsse zum Abgreifen der analogen Signale TRIGGER, TGC, US-SIGNAL und A-SCAN
Anschlüsse Rückseite:	· Netzanschluss · BNC-Eingang für externen Trigger mit Ein/Aus-Schalter (Logikpegel max. 5 V) · Anschluss für Arraywandler (nur GS200i)
Netzspannung:	100-240 V, 50/60 Hz
Leistungsaufnahme:	max. 100 VA
Absicherung:	T 1A (EN 60127-2-3) G-Sicherungseinsatz, träge, 1 Ampere, 5 × 20 mm
Abmessungen:	Ca. 256 mm × 169 mm × 327 mm (B × H × T)

Erweiterung (GS200i)

Komponente:	internes Imaging-Modul für Arraywandler mit automatischer Sondenerkennung
Abbildungsverfahren:	B, B+M

8.2 Ultraschallsonden

Ein-Element-Wandler

Frequenz:	1, 2 und 4 MHz
Abmessungen:	65 mm × 27 mm (L × D ohne Kabel)
Aktives Wandlerelement:	Kreisscheibe mit 16 mm Durchmesser
Kabel:	Länge ca. 1,5 m; LEMO-Stecker zum Anschluss an einen der PROBE-Ausgänge des GS200/GS200i

Arraywandler

Frequenzbereich:	3-5 MHz
Wandlerarray:	konvex, 64 Einzelelemente

8.3 CT-Geräte

CT-Steuerung

Anschluss Vorderseite:	Schrittmotoransteuerung (SCANNER), bipolar 5 V, max. 2 A
Anschlüsse Rückseite:	· Netzanschluss · BNC-Triggerausgang · USB-Schnittstelle
Netzspannung:	100-240 V, 50/60 Hz
Leistungsaufnahme:	max. 50 VA
Absicherung:	T 1A (EN 60127-2-3) G-Sicherungseinsatz, träge, 1 Ampere, 5 × 20 mm
Abmessungen:	ca. 185 mm × 170 mm × 325 mm (B × H × T)

CT-Scanner

Linearbewegung:	· max. Verfahrweg ca. 400 mm · Auflösung < 10 µm · max. Bewegungsgeschwindigkeit ca. 18 cm/min
Drehbewegung:	· 360° · Auflösung ca. 0,225° · max. Drehgeschwindigkeit ca. 1 U/s
Abmessungen:	ca. 210 mm × 353 mm × 520 mm (B × H × T)

9 Literatur

- Millner, R.: Ultraschalltechnik – Grundlagen und Anwendung. Physik-Verlag, 1987
- Kuttruff, H.: Physik und Technik des Ultraschalls. S. Hirzel-Verlag Stuttgart, 1988
- Krautkrämer, J., Krautkrämer, H.: Werkstoffprüfung mit Ultraschall. Springer Verlag, 1968

Weiterführend:

- Sutilov, V. A.: Physik des Ultraschalls. Akademie-Verlag, Berlin, 1984
- Morse, P. M., Ingard, K. U.: Theoretical Acoustics. McGraw-Hill Book Company, New York, 1968

10 Revisionen des Benutzerhandbuchs

Revision	Revisionsdatum	Beschreibung
0.50	17.02.2015	Erstausgabe, GS-EchoView Version 4.15.1.27

11 Stichwortverzeichnis

A

A-Bild-Darstellung (HF, Amp, Both) 26
A-mode 41
  Amplitudenmessung 42
  Cepstrum 47
  Cepstrumfilter 49
  Frequenzfilter 46
  Frequenzspektrum 45
  Laufzeitmessung 42
Anschlüsse
  Frontseite 7
  Rückseite 12, 13, 16
A-SCAN 11
Auflösung
  Amplitude 44
  Laufzeit 44

B

Bedienelemente 7
B-mode
  Farbwertkodierung 51
  Grauwertkodierung 51
  TOFD 52
  Zeit/Orts-Koordinaten 51
BNC-Ausgänge 7, 11

C

Cepstrum 47
Cepstrumfilter 49
Computertomografie 55
CT-mode
  Bewegungsfunktionen 58
  Messablauf 60
  Parameter 58
  Scannerstatus 59
  Triggerung 59

D

Diagramme
  Einstellungen 34
  Messcursor 22
  Toolbars 18
  Zoomen 19

E

Echoskope
  GS200 6
  GS200i 6
  Technische Daten 69
Empfänger 7, 8
Empfangsverstärkung 8

F

Farbschemas 33
Frequenzfilter 46
Frequenzspektrum 45

G

GAIN 8
Geräteinformationen
  Angeschlossene Ultraschallwandler 37
  Echoskop-Betriebsart 36
  Sendeleistung 37
  Verstärkung 37

L

laufzeitabhängige Verstärkung (TGC) 8
Laufzeitmessung 30, 42
Lieferumfang 4

M

Messbetrieb 26
Messgenauigkeit 44

Messparameter
  Abtastrate 28
  Averaging 31
  Messbereich 28
  PRF 30
  Schallgeschwindigkeit 30
  Yoffset 30
M-mode
  Zeitfenster 54
  Zeitliche Auflösung 54
MONITOR 11

N

Netzanschluss 12
Netzteil 7

O

OUTPUT 8

P

Programmmodus
  A-mode 41
  B-mode 50
  CT-mode 55
  M-mode 53

R

RECEIVER 8
Reflexion 8
Register
  CT-mode 56
  Draw 33
  Params 28
  USB 31

S

Sendepegel 8
Sender 7, 8
Sicherheitshinweise 4
Sicherung 12
SLOPE 9
Software 17
  Allgemeiner Aufbau 17
  Diagramme 18
  Drucken 23
  Funktionsschalter 18
  Messparameter 27
  Programmparameter 27
  Programmstart 24
  Register 28
  Simulationsmodus 25
START 9
Statusinformationen
  Datenquelle 38
  FFT-Filter 38
  Frame rate 40
  Mittelwertbildung 39
  Signalübersteuerung 38
  Triggerung 37

T

TGC
  Bedienelemente 7
  BNC-Ausgang 11
  Breite 9
  Schwellenwert 9
  Startpunkt 9
  Steigung 9
  Wirkungsweise 10
THRESHOLD 9
Tiefemessung 30
Time Gain Control (TGC) 8
Transmission 8
TRANSMITTER 8
TRIGGER 11
Triggerung
  Anschluss 12
  Extern 13, 59
  Frequenz 11, 13

Intern 59

U

Ultraschallsonden
Arraywandler 15
Ein-Element-Wandler 14, 26
Technische Daten 70
USB
Anschluss 12
Einstellungen 32
ID string 32
US-SIGNAL 11

W

WIDE 9